جامعة حلب
كلية الهندسة الكهربائية والالكترونية
قسم هندسة التحكم والأتمتة

تحليل وتصميم نظام مراقبة مؤتمت لمراقبة أنظمة التشغيل التقنية في المنشآت والأبنية

" دراسة حالة: دراسة نظام مركزي مؤتمت لمجمع البلدية الجديد بحلب"

Analysis and Synthesis of Automation Central System for Controlling Technological Operating Systems in Plants and Building

"Case Study: Study Automation Central System for New Assemblage of Municipality in Aleppo"

أطروحة أعدت لنيل درجة الدكتوراه في هندسة التحكم والأتمتة

إعداد
المهندس محمود أسعد سلُّوم

٢٠١١ م

١٤٣١هـ

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الدكتوراه

في هندسة التحكم والأتمتة في قسم هندسة التحكم والأتمتة من كلية

الهندسة الكهربائية و الإلكترونية بجامعة حلب

This thesis has been submitted as fulfillment of the requirement for the PHD Degree in **Automation & Control Engineering** - Faculty of Electrical and Electronic Engineering – University of Aleppo.

تصريح

أصرح بأن هذا البحث بعنوان :

تحليل وتصميم نظام مراقبة مؤتمت لمراقبة أنظمة التشغيل التقنية في المنشآت والأبنية

" دراسة حالة: دراسة نظام مركزي مؤتمت لمجمع البلدية الجديد بحلب"

لم يسبق أن قبل للحصول على أي شهادة، و لا هو مقدم حالياً للحصول على شهادة أخرى.

المرشح

المهندس **محمود أسعد سلُّوم**

Declaration

I hereby certify that this work has not been accepted for any degree or it is not submitted to any other degree .

Candidate

Eng. Mahmoud Asaad Salloum

شهادة

نشهد بأن العمل المقدم في هذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قام به المرشح المهندس **محمود أسعد سلُّوم** بإشراف الدكتور **إلياس فرج الله طوشان**(المشرف الرئيسي) الأستاذ في قسم هندسة التحكم والأتمتة ـــ كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية بجامعة حلب والدكتور **صلاح نعيم نادر**(المشرف المشارك) المدرس في قسم هندسة التحكم والأتمتة ـــ كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية بجامعة حلب، وأن أية مراجع أخرى ذكرت في هذا العمل موثقة في نص الرسالة وحسب ورودها في النص.

المرشح
المهندس **محمود أسعد سلُّوم**
قسم هندسة التحكم والأتمتة
كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية
جامعة حلب

المشرف المشارك
الدكتور **صلاح نعيم نادر**
المدرس في قسم التحكم والأتمتة
كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية
جامعة حلب

المشرف الرئيس
الدكتور **إلياس فرج الله طوشان**
الأستاذ في قسم التحكم والأتمتة
كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية
جامعة حلب

Testimony

We witness that the described work in this treatise is the results of scientific search conducted by the candidate Eng. **Mahmoud Asaad SALLOUM** under supervision of Dr. **Elias Faraj Alla TOUSHAN** (main supervisor) Professor at the department of Department of Automation & Control Engineering -Faculty of Electrical& Electronic Engineering -University of Aleppo, and Dr. **Salah Naaem NADER** (assistant supervisor)Demonstrator at the Department of Automation & Control Engineering - Faculty of Electrical & Electronic Engineering University of Aleppo. Any other references mentioned in this work are documented in the text of the treatise.

candidate	assistant supervisor	main supervisor
Eng. Mahmoud Asaad SALLOUM	Dr. Salah Naaem NADER	Dr. Elias Faraj Alla TOUSHAN

فهرس المحتويات

فهرس الأشكال

فهرس الجداول

فهرس الملاحق:

الرموز والمصطلحات

م	الرمز	الشرح بالإنكليزية	الشرح بالعربية
1	A/D	Analog/Digital	محول من تشابهي إلى رقمي
2	AHU	Air Handling Unit	وحدة معالجة الهواء
3	AI	Analog Input	دخل تشابهي
4	AO	Analog Output	خرج تشابهي
5	ANSI	American National Standards Institute	معهد المعايير الوطني الأمريكي
6	A S	Audio System	نظام الصوت

7	ASC	Application Specific Controller	متحكمات ذات تطبيق خاص
8	ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers	الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء
9	ASTM	American Society for Testing Materials	الجمعية الأمريكية لاختبار المواد
10	AWG	American Wire Gauge	مقياس الأسلاك الأمريكي
11	BAS	Building Automation System	نظام أتمتة الأبنية
12	BMCS	Building Management and Control System	نظام الإدارة والتحكم بالأبنية
13	BACnet	Building Automation and Controls Network - ANSI/ASHRAE Standard 135-2001	برتوكول التحكم والأتمتة بالأبنية الصادر عن معيار ASHRAE
14	CCF	BMS Central Computer Facility	الأداة الحاسوبية المركزي لــ BMS
15	CCP	Communications Control Panel	لوحة التحكم بالاتصالات
16	CCTV	Closed Circuit TV System	النظام التلفزيوني ذو الدارة المغلقة
17	CD	Control Damper	التحكم بالمخمد
18	CSR	Condenser Water	ماء المكثف
19	CPU	Central Processing Unit	وحدة معالجة مركزية
20	CUL	Canada Underwriters Laboratory	موثق من قبل المختبر الكندي
21	CW	Chilled Water	الماء المبرَّد
22	D/A	Digital/ Analog	محول من رقمي إلى تشابهي
23	DALI	Digital Addressable Lighting Interface	واجهة الإنارة الرقمية المعنونة
24	DCP	Distributed Control Panel	لوحة التحكم الموزعة
25	DDC	Direct Digital Control	التحكم الرقمي المباشر
26	DI	Digital Input	دخل رقمي
27	DO	Digital Output	خرج رقمي
28	EMS	Energy Management System	نظام إدارة الطاقة
29	FAS	Fire Detection, Alarm System	نظام كشف الحريق والإنذار عنه
30	FCU	Fan -Coil Unit	وحدة الملف – المروحة
31	FLC	Fuzzy Logic Controller	متحكم منطق عائم
32	FSDC	Fire Smoke Damper Actuator	مشغل مخمد دخان الحريق

33	FTS	Field Termination Schedule	جدول العناصر الحقلية
34	HI	Hardwired Interface	واجهة المكونات الصلبة
35	H/O/A	Hand/Off/Auto Motor Control Switch/Circuit	دارة التحكم بمحرك يدوي/إطفاء/ آلي
36	HVAC	Heating, Ventilating and Air Conditioning	التدفئة والتهوية وتكييف الهواء
37	HW	Hot Water	الماء الحار
38	HWS	Hot Water System	نظام الماء الحار
39	I	Interface	واجهة
40	IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	معهد المهندسين الكهربائيين والإلكترونيين
41	IBAS	Intelligent Building Automation System	نظام أتمتة البناء الذكي
42	I/O	Input /Output	دخل/خرج
43	JCI	Johnson Controls, Inc.	الشركة جونسون للتحكم
44	LAN	Local Area Network	شبكة الاتصالات المحلية
45	LCD	Liquid Crystal Display	شاشة كريستال سائلة
46	LED	Light Emitting Diode	ديود صادر للنور (ليد ضوئي)
47	LON	Local Operating Network	شبكة تشغيل محلية
48	LonTalk	The open control networking protocol developed by Echelon Corporation	برتوكول مفتوح صادر عن شركة Echelon للتحكم
49	LONWORKS	Echelon's family of hardware and software products	عائلة Echelon من برامج ومكونات صلبة
50	MACC	BMS Master Alarm and Control Centre	مركز الإنذار والتحكم الرئيس لـــ BMS
51	NDS	Network Data Server	مخدم بيانات الشبكة
52	NEC	National Electrical Code	الشيفرة الكهربائية الوطنية
53	NEMA	National Electrical Manufacturers Association	مصادقة المصانع الكهربائية الوطنية
54	OIW	Operator Interface Workstation	محطة واجهة المشغل
55	OLED	Organic LED	الليدات الضوئية العضوية
56	OVL	Over Load	حمل زائد
57	OWS	Operator Workstation	محطة تشغيل

58	P	Proportional	تناسبي
59	PI	Proportional plus Integral	تناسبي وتكاملي
60	PID	Proportional plus Integral plus Derivative	تناسبي وتكاملي وتفاضلي
61	PC	Personal Computer	حاسوب شخصي
62	POT	Portable Operator Workstation	محطة تشغيل محمولة
63	PIM	Process Interface Module	نموذج واجهة معالجة
64	ppm	parts per million	عدد الأجزاء بالمليون
65	PWM	Pulse Wide Modeling	تعديل عرض النبضة
66	RAM	Random Access Memory	ذاكرة عشوائية
67	RFI	Radio Frequency Interference	تداخل ترددي لاسلكي
68	RH	Relative Humidity	الرطوبة النسبية
69	ROW	Remote Operator Workstation	محطة تشغيل عن بعد
70	RTD	Resistance Temperature Device	مقاومة أداة درجة الحرارة
71	SBT	Siemens Building Technologies, Ltd	تقنيات البناء من شركة سيمنس
72	SCU	Standalone Control Unit	وحدة تحكم مستقلة
73	SCPT	Standard Configuration Property Type	نوع ذو صفة نموذجية مميزة
74	Setpoint	Referenced Value	القيمة المرجعية
75	S.S	Security System	نظام الأمن
76	SNVT	Standard Network Variable Type	نوع متغير الشبكة النموذجي
77	SVGA	Super Video Graphics Adapter	وصلة فيديو
78	T.S	Telephone System	نظام الهاتف
79	TV.S	Television System	نظام التلفزيون
80	UC	Unitary Controller	المتحكمات المستقلة (الانفرادية)
81	UI	Universal Input	دخل عام
82	UO	Universal Output	خرج عام
83	UPS	Uninterruptible Power Supply Unit	وحدة تغذية عديمة الانقطاع
84	VAV	Variable Air Volume	حجم هواء متغير
85	VDU	Video Display Unit	وحدة إظهار فيديوية
86	WAN	Wide Aria Network	شبكة اتصالات عريضة

الرموز والمصطلحات

م	الرمز	الشرح بالإنكليزية	الشرح بالعربية
1	A/D	Analog/Digital	محول من تشابهي إلى رقمي
2	AHU	Air Handling Unit	وحدة معالجة الهواء
3	AI	Analog Input	دخل تشابهي
4	AO	Analog Output	خرج تشابهي
5	ANSI	American National Standards Institute	معهد المعايير الوطني الأمريكي
6	A S	Audio System	نظام الصوت
7	ASC	Application Specific Controller	متحكمات ذات تطبيق خاص
8	ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers	الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء
9	ASTM	American Society for Testing Materials	الجمعية الأمريكية لاختبار المواد
10	AWG	American Wire Gauge	مقياس الأسلاك الأمريكي
11	BAS	Building Automation System	نظام أتمتة الأبنية
12	BMCS	Building Management and Control System	نظام الإدارة والتحكم بالأبنية
13	BACnet	Building Automation and Controls Network - ANSI/ASHRAE Standard 135-2001	بروتوكول التحكم والأتمتة بالأبنية الصادر عن معيار ASHRAE
14	CCF	BMS Central Computer Facility	الأداة الحاسوبية المركزي لـــ BMS
15	CCP	Communications Control Panel	لوحة التحكم بالاتصالات
16	CCTV	Closed Circuit TV System	النظام التلفزيوني ذو الدارة المغلقة
17	CD	Control Damper	التحكم بالمخمد
18	CSR	Condenser Water	ماء المكثف
19	CPU	Central Processing Unit	وحدة معالجة مركزية
20	CUL	Canada Underwriters Laboratory	موثق من قبل المختبر الكندي
21	CW	Chilled Water	الماء المبرَّد
22	D/A	Digital/ Analog	محول من رقمي إلى تشابهي
23	DALI	Digital Addressable Lighting Interface	واجهة الإنارة الرقمية المعنونة
24	DCP	Distributed Control Panel	لوحة التحكم الموزعة

25	DDC	Direct Digital Control	التحكم الرقمي المباشر
26	DI	Digital Input	دخل رقمي
27	DO	Digital Output	خرج رقمي
28	EMS	Energy Management System	نظام إدارة الطاقة
29	FAS	Fire Detection, Alarm System	نظام كشف الحريق والإنذار عنه
30	FCU	Fan -Coil Unit	وحدة الملف – المروحة
31	FLC	Fuzzy Logic Controller	متحكم منطق عائم
32	FSDC	Fire Smoke Damper Actuator	مشغل مخمد دخان الحريق
33	FTS	Field Termination Schedule	جدول العناصر الحقلية
34	HI	Hardwired Interface	واجهة المكونات الصلبة
35	H/O/A	Hand/Off/Auto Motor Control Switch/Circuit	دارة التحكم بمحرك يدوي/إطفاء/ آلي
36	HVAC	Heating, Ventilating and Air Conditioning	التدفئة والتهوية وتكييف الهواء
37	HW	Hot Water	الماء الحار
38	HWS	Hot Water System	نظام الماء الحار
39	I	Interface	واجهة
40	IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	معهد المهندسين الكهربائيين والإلكترونيين
41	IBAS	Intelligent Building Automation System	نظام أتمتة البناء الذكي
42	I/O	Input /Output	دخل/خرج
43	JCI	Johnson Controls, Inc.	الشركة جونسون للتحكم
44	LAN	Local Area Network	شبكة الاتصالات المحلية
45	LCD	Liquid Crystal Display	شاشة كريستال سائلة
46	LED	Light Emitting Diode	ديود صادر للنور (ليد ضوئي)
47	LON	Local Operating Network	شبكة تشغيل محلية
48	LonTalk	The open control networking protocol developed by Echelon Corporation	برتوكول مفتوح صادر عن شركة Echelon للتحكم
49	LONWORKS	Echelon's family of hardware and software products	عائلة Echelon من برامج ومكونات صلبة
50	MACC	BMS Master Alarm and Control Centre	مركز الإنذار والتحكم الرئيس لـــ BMS

51	NDS	Network Data Server	مخدم بيانات الشبكة
52	NEC	National Electrical Code	الشيفرة الكهربائية الوطنية
53	NEMA	National Electrical Manufacturers Association	مصادقة المصانع الكهربائية الوطنية
54	OIW	Operator Interface Workstation	محطة واجهة المشغل
55	OLED	Organic LED	الليدات الضوئية العضوية
56	OVL	Over Load	حمل زائد
57	OWS	Operator Workstation	محطة تشغيل
58	P	Proportional	تناسبي
59	PI	Proportional plus Integral	تناسبي وتكاملي
60	PID	Proportional plus Integral plus Derivative	تناسبي وتكاملي وتفاضلي
61	PC	Personal Computer	حاسوب شخصي
62	POT	Portable Operator Workstation	محطة تشغيل محمولة
63	PIM	Process Interface Module	نموذج واجهة معالجة
64	ppm	parts per million	عدد الأجزاء بالمليون
65	PWM	Pulse Wide Modeling	تعديل عرض النبضة
66	RAM	Random Access Memory	ذاكرة عشوائية
67	RFI	Radio Frequency Interference	تداخل ترددي لاسلكي
68	RH	Relative Humidity	الرطوبة النسبية
69	ROW	Remote Operator Workstation	محطة تشغيل عن بعد
70	RTD	Resistance Temperature Device	مقاومة أداة درجة الحرارة
71	SBT	Siemens Building Technologies, Ltd	تقنيات البناء من شركة سيمنس
72	SCU	Standalone Control Unit	وحدة تحكم مستقلة
73	SCPT	Standard Configuration Property Type	نوع ذو صفة نموذجية مميزة
74	Setpoint	Referenced Value	القيمة المرجعية
75	S.S	Security System	نظام الأمن
76	SNVT	Standard Network Variable Type	نوع متغير الشبكة النموذجي
77	SVGA	Super Video Graphics Adapter	وصلة فيديو
78	T.S	Telephone System	نظام الهاتف
79	TV.S	Television System	نظام التلفزيون

80	UC	Unitary Controller	المتحكمات المستقلة (الانفرادية)
81	UI	Universal Input	دخل عام
82	UO	Universal Output	خرج عام
83	UPS	Uninterruptible Power Supply Unit	وحدة تغذية عديمة الانقطاع
84	VAV	Variable Air Volume	حجم هواء متغير
85	VDU	Video Display Unit	وحدة إظهار فيديوية
86	WAN	Wide Aria Network	شبكة اتصالات عريضة

ملخص البحث

Abstract

لدى نظام أتمتة الأبنية الذكية Intelligent Building Automation System (IBAS) القدرة على متابعة تشغيل المنظومات المتعددة داخل المبنى والتحكم بها ومراقبتها مما يوفر لشاغلي المبنى ومستخدميه ما يلي:

- الحماية الأمنية الفعَّالة.
- تحسين الإنتاجية.
- توفير الراحة.
- إدارة الطاقة.

يطبق نظام أتمتة الأبنية على المنظومات الخدمية التالية: نظام التدفئة، التهوية، التبريد، نظام الإنارة، نظام الإنذار عن الحريق، نظام الأمان، نظام المصاعد، نظام المراقبة والتنصت، تنظيم الدخول.

يركز البحث على تصميم نظام أتمتة الأبنية (BAS) لأتمتة عمل منظومات التدفئة، والتهوية، والتبريد، والإنارة، والإنذار عن الحريق، وإيجاد صيغة علمية معرفية للتحكم ولأتمتة هذه النظم وتطويرها باستخدام التحكم المنطقي العائم.

حالياً، تستخدم معظم المنظومات السابقة متحكمات تقليدية التي تستخدم الشكل الرياضي في التحكم، لكن أصبح هذا النوع غير ملائم للأنظمة التي تعمل في ظروف لاخطية، مثل وجود رطوبة عالية مترافقة مع درجة حرارة مرتفعة أو منخفضة، كذلك ترك النوافذ مفتوحة ونظام التكييف في حالة عمل، وإبقاء الإنارة في حالة عمل والإضاءة الطبيعية كافية والمكان غير مشغول، والإنذارات الكاذبة عن حدوث حريق أو حدوث حريق دون إطلاق إشارة إنذار.

يقدم البحث ما يلي:

١. مخططات لمنظومات HVAC ومنظومة الإنارة ومنظومة الإنذار عن الحريق مع تحديد أماكن نقاط التحكم اللازمة لنظام الــ BMS.
٢. تحليلاً للعمليات التي تحدث داخل مستهلكات الطاقة الرئيسة (منظومات التيار القوي) من وحدات معالجة الهواء ومنظومة التبريد ومنظومة التدفئة ومنظومة الماء الساخن للاستخدام الداخلي ومنظومة الإنارة الداخلية.
٣. تحديداً لنقاط التحكم بالمنظومات المدروسة ومصدرها ونوعها وعددها.
٤. واجهات رسومية للمستخدمين للتحكم بتجهيزات منظومات HVAC ومراقبتها.
٥. محاكاة برمجية لمتحكم المنطق العائم كأحد الحلول الذكية للعمل مع هذه المنظومات ومتغيراتها باستخدام البيئة البرمجية Matlab.
٦. برامج متحكم المنطق العائم المتعلقة بمنظومات التيار القوي التي تمت دراستها.
٧. أسلوباً متطوراً باستخدام تقنية معالجة الصور وتقنية المنطق العائم للكشف عن الحريق والإنذار عنه وتفادي الإنذارات الكاذبة التي تحصل مع الأنظمة التقليدية المستخدمة.

نتيجة البحث تبين أن أتمتة المنظومات الخدمية في الأبنية تخفض من استهلاك الطاقة دون الإقلال من راحة الشاغلين.

تبين أن متحكمات المنطق العائم فعالة وسهلة التطبيق ضمن نظام أتمتة وإدارة الأبنية بسبب البنية الرقمية المتشابهة بينهما، لأن البنية الأساسية لهما حواسيب ومعالجات صغرية (Microprocessors)، وأيضاً تلبي متطلبات الشاغلين بأقل استهلاك للطاقة مترافقة مع تخفيض تلوث البيئة.

أهمية البحث وأهدافه
Research Importance and Aims

- مقدمة Introduction:

تصمم المباني وفق مخطط وظيفي يحقق أغراض معينة تحتاج إلى جملة من نظم وتجهيزات مختلفة، مما أدى إلى إحداث نظم إدارة المباني (BMS) لتسهيل تصميمها واستثمارها وصيانتها، ويمكن أن نرجع الأداء الضعيف للنظام ومشاكل الصيانة إلى التصميم السيئ والتجهيزات غير الموثوقة والمراقبة السيئة واستخدام أساليب تحكم تقليدية وغير فعَّالة.

منذ أوائل السبعينات أجريت الكثير من البحوث في مجال نظم أتمتة الأبنية (BAS) في محاولة لإيجاد حلول أكثر فعالية بهدف توفير الطاقة نتيجة الطلب العالي عليها مع الإبقاء على كفاءة وأداء خدمات الأبنية.

ونتيجة ظهور الحواسيب الصغيرة أولاً والتي تؤدي وظيفة معينة فقط، ولاحقاً الحواسيب الشخصية Personal Computers(PCs) والتي تؤدي مجموعة كبيرة من وظائف المراقبة والتحكم لمجموعة كبيرة من التجهيزات وبشكل مركزي، أدى إلى تحسين سريع ونمو كبير في أداء تجهيزات المبنى التقنية، إن تطوير المتحكم الرقمي المباشر direct digital controller (DDC) أدى إلى ثورة في أساليب التحكم بالأبنية الحديثة، حيث أن زيادة القابلية والتوسع لاحتواء متحكمات وبالزمن الحقيقي تقريباً فتح مجالاً عريضاً لأنظمة التحكم.

إن سهولة التوسع في البرتوكولات المفتوحة النموذجية أوصل نظام التحكم بالأبنية إلى أعلى مستوى من الأتمتة، وهذا ما سمح بتطبيق نظام تحكم بالأبنية أكثر تطوراً وتوسعاً للمشاركة مع أبنية أخرى.

لقد انصبت الجهود على إدخال الذكاء إلى الأبنية المؤتمتة، وكان تطوير نظام أتمتة الأبنية الذكية (IBAS) مدفوعاً بتحديات اليوم والمتضمنة الزيادة المستمرة في تعقيد الأنظمة والنشاطات الاقتصادية وسعر النفط وطلب الراحة مما أدى إلى تجديد مستمر للقطع والتجهيزات المركبة، ولهذه الأسباب يشارك العديد من الباحثين في إيجاد تصميم لنظام أتمتة المنى الذكي والذي يمكنه أن يعطي حلاً لبعض المشاكل المذكورة أعلاه.

في هذا البحث تطرقنا إلى إدخال مفهوم المنطق العائم(Fuzzy Logic) للتحكم بعمل النظم الميكانيكية كوحدات معالجة الهواء (Air Handling Units (AHUs ووحدات الــ (Fan Coil Units(FCUs (الملف ــ مروحة) ونظام تأمين الماء المبرَّد (Chilled Water System(CHWS ونظام تأمين الماء الساخن Hot Water System (HWS) ونظام الإنارة، وتطوير نظام الإنذار عن الحريق ثم تقييم استعمال المتحكم المنطقي العائم، وبالتالي الحصول على نظام مؤتمت ذكي ومتكامل.

- عرض المسألة Problem Statement :

إن التجهيزات الحالية لأكبر مستهلكات الطاقة تتمثل بالأجهزة الميكانيكية والإنارة، لأنهما يشكلان حوالي 50% من استهلاك الطاقة العالمي.

نجد في مخططات نظم أتمتة الأبنية المطروحة في السوق العالمية لبعض الشركات مجموعة من السلبيات والإيجابيات وكل منها يدعي أنه حصل على الكمال، لكن ذلك غير متوفر عملياً.

إن الحصول على الراحة المرضية يحتاج إلى زيادة في استهلاك الطاقة، وهذان العاملان الرئيسان (الراحة واستهلاك الطاقة) هما اللذان يقودان إلى إيجاد نظريات وتصاميم جديدة للتحكم بالإنارة وتجهيزات التدفئة وتجهيزات التبريد وتجهيزات التكييف والتهوية في الأبنية، وعلى الرغم من التقدم في إدخال تقنيات المعالجات الدقيقة والحواسيب الشخصية في التحكم بهذه النظم إلا أنه ما يزال استهلاك الطاقة عالٍ.

إن التحكم الكلاسيكي مثل تشغيل/إطفاء(On/Off) ، واستخدام المتحكمات التناسبية ــ التكاملية ــ التفاضلية Proportional-Integral-Derivative (PID) لا يزالان أكثر انتشاراً بسبب سهولة التعامل معهما والكلفة المنخفضة، علماً أن كلفهم كانت مرتفعة عند ظهورهما. وعلى الرغم من الدراسات النظرية، فالنماذج الرياضية المتوفرة لن تفي بالغرض عملياً بسبب ثلاث قيود رئيسة:

ــ يتطلب حساب الراحة الحرارية معالجة معقدة وتكرارية تجعل التطبيق في الزمن الحقيقي صعباً جداً إن لم يكن مستحيلاً.

ــ إن إحساس الإنسان بالراحة الحرارية مبهم وشخصي وبالأحرى يتم تقييم كل شخص للراحة الحرارية من اعتباراته الشخصية وليس من الاعتبارات الحسابية.

ــ يعتمد إحساس الإنسان بالراحة الحرارية على عدة متغيرات من الصعب انجازها وبكلفة منخفضة.

إن الراحة الحرارية نتيجة لاخطية من تفاعل بين أربعة متغيرات لتابع بيئي هوائي يتمثل بدرجة الحرارة وسرعة الهواء والرطوبة النسبية وتلوث الهواء، وهذا يمكن إرجاعه إلى درجة الحرارة المشعة، وثلاث متغيرات شخصية، أي مستوى النشاط وعازلية اللباس.

على أية حال، إن الدراسات المنجزة يمكن أن تكون صحيحة مخبرياً، أي بافتراض الراحة الحرارية المرجعية، والحساب على هذا الافتراض، وبالتالي يمكن أن استخدام هذا الأسلوب باختيار النقطة المرجعية يدوياً دون النظر إلى استهلاك الطاقة، ولكن بارامترات نظام التدفئة والتكييف متغيرة دائماً بسبب العديد من العوامل مثل الطقس ونشاطات الشاغلين والإنارة، وعادة ما تكون هذه معقدة ومتعددة العوامل اللاخطية، ومرفقة بتأخير زمني، وقصور ذاتي كبير، مع اضطرابات شديدة وعشوائية وديناميكية.

نتيجة هذه الأسباب، فإنه من الصعب إيجاد نموذج رياضي دقيق، وإنما يؤخذ مع تقريب لبعض العوامل وإهمال لعوامل أخرى والخروج بنموذج يفي بجزء كبير من غرض التحكم.

أما إذا لم يعطى أهمية للتأخير الزمني ولا أهمية لكلفة الطاقة فلا حاجة للدخول في التفاصيل.

وجدنا في المراجع العلمية عدة نظريات مقترحة للتحكم بنظام تدفئة الهواء وتكييفه منها: قاعدة جيسن Jason(1998) التي تقترح حلاً باستخدام نموذج حراري لمنطقة وحيدة. اقترح جيسن استخدام الشبكات العصبونية لتمييز نمط المعالجة، واستطاع النظام المقترح التحكم بمازج الهواء البارد والساخن في البيئة المتحكم بها، وطبق هذا التصميم لتنظيم حرارة دخل المبادل الحراري، وحجم تدفق الهواء، وموقع مخمد الهواء الراجع.

على أية حال بقيت المشكلة الرئيسة قائمة وهي أن هناك بعض البارامترات تم إهمالها ومن ضمنها الفقد الحراري بين مكونات النظام ورطوبة الهواء، بعبارة أخرى لا يوجد تحكم مثالي عملي على أنظمة تدفئة الهواء وتكييفه والإنارة.

- أهمية البحث Research Importance:

يقدم البحث مخططاً لنظام إدارة وأتمتة الأبنية يأخذ بالاعتبار السمات الإيجابية لبعض النظم ويستبعد السمات السلبية فيها.

يقترح البحث طريقة جديدة للتحكم بوحدات معالجة الهواء، والتحكم بوحدات الـــ Fan Coil، والتحكم بنظام تامين الماء المبرَّد لوحدات التكييف والتبريد، والتحكم بنظام تأمين ماء التدفئة للوحدات السابقة والتحكم بالإنارة باستخدام تقنية المنطق العائم (Fuzzy Logic). وتطوير نظام الإنذار عن الحريق باستخدام نفس التقنية بالإضافة إلى تقنية معالجة الصور.

إن الفائدة الأساسية للتقنية المقترحة هو التحكم ببارامترات هواء المكان المتحكم به بأقصر زمن، وكذلك بإنارة المكان دون الإفراط أو الإقلال بتأمين مستلزمات الراحة الحرارية والبصرية للشاغلين، مع الأخذ بالاعتبار، الحرارة الناتجة عن أجهزة الإنارة، والإنذار عن الحريق بأقصر زمن وتفادي الإنذارات الكاذبة، وكذلك الإمكانية الكبيرة لمتحكم المنطق العائم بالتكامل مع تجهيزات نظم إدارة وأتمتة المبنى على اعتبار أن البنية الأساسية للمتحكم بنية رقمية.

- أهداف البحث Research Aims

يعالج قسم هندسة التحكم الآلي والأتمتة في كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية أنظمة التحكم الآلي والأتمتة المختلفة في مجالات عديدة. ومع تطور الأبنية أصبح من الضروري إدخال أنظمة التحكم والأتمتة فيها. ونتيجة التطور العلمي السريع تم إدخال أنظمة حديثة مثل التحكم الرقمي المباشر DDC باستخدام تقنيات جديدة مثل تقنيات المنطق العائم.

يمكننا تلخيص الأهداف الأساسية للبحث بما يلي:

١- تصميم مخطط لنظام مراقبة التجهيزات التقنية في مبنى المجمع البلدي بحلب.

٢- تصميم متحكم ذكي للتحكم بوحدات معالجة الهواء، ووحدات الـــ Fan Coil وتجهيزات تأمين الماء المبرد وتجهيزات تأمين ماء التدفئة لوحدات تكييف الهواء باستخدام متحكم المنطق العائم يتكامل مع نظام أتمتة البناء.

٣- تصميم متحكم ذكي للتحكم بالإنارة باستخدام متحكم المنطق العائم ليتكامل مع نظام أتمتة المبنى.

٤- تصميم نظام إنذار داعم لنظام الإنذار عن الحريق لزيادة وثوقيته والإقلال من الإنذارات الكاذبة.

- محتوى الأطروحة Thesis Content

تحتوي الأطروحة على:

١. **ملخص البحث.**

٢. **أهمية البحث وأهدافه:** تستعرض أهمية البحث وعرض مسألة البحث وأهداف البحث ومحتوى الأطروحة وبعض التعريفات الهامة.

٣. **مدخل إلى البحث والدراسات المرجعية:** يتضمن مقدمة وأحوال صناعة المباني المكتبية، وتطبيقات تقنية الاتصالات والمعلومات في عملية البناء ومراجعة لعملية البناء الحالية.

٤. **الفصل الأول:** دراسة تجهيزات ومتطلبات تركيب نظام إدارة وأتمتة (BAMS) خاص بمنظومات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) ويتضمن دراسة عناصر التحكم والتعريف بالمتحكم المنطقي العائم ومقارنة بين نتائج استخدام متحكمات الـــ PID ونتائج استخدام المتحكمات المنطقية العائمة.

٥. **الفصل الثاني:** الدراسة التصميمية للتحكم والمراقبة (BMS) بوحدات معالجة الهواء (AHUs).

حيث يبحث هذا الفصل في تصميم نظام التحكم والمراقبة بوحدات معالجة الهواء (AHUs) من أجل إدخالها في نظام إدارة المبنى (BMS) باستخدام تجهيزات التحكم الحديثة DDC (حساسات لمجموعة بارامترات وحدة معالجة الهواء ومتحكم FX15 ومحركات ومشغلات وصمامات كأدوات تنفيذية وحساسات للإنذارات المطلوبة) حيث يوجد في المجمع البلدي 13 وحدة معالجة للهواء مختلفة الاستطاعة والحجم والتكوين، وتصميم متحكم حديث يستخدم الذكاء الصنعي (متحكم منطق عائم)، أي إيجاد وضعيات مداخل ومخارج المتحكم وقواعد سلوكه للتحكم بوحدات معالجة الهواء بعد ما تبين لنا أفضليته على المتحكم PID في الفصل الأول عند تطبيقه على وحدات معالجة الهواء .

الفصل الثالث: الدراسة التصميمية لأنظمة التحكم والمراقبة (BMS)بالماء المبرد وماء المكثف ومنظومات الماء الساخن. ويتضمن وضع الرسوم التخطيطية للأنظمة و وضع جداول النهايات الحقلية (بارامترات التحكم) وشرح تسلسل تشغيل الـ BMS للأنظمة والتطبيق العملي، ووضع نماذج للمتحكمات الحديثة المقترحة.

٦. **الفصل الرابع:** التحكم بالإنارة الداخلية للمبنى ومراقبتها باستخدام متحكمات المنطق العائم ويتضمن شرح أهمية التحكم بالإنارة والاستفادة من الإنارة النهارية ونمذجة متحكمات منطقية عائمة للتحكم بالإنارة.

٧. **الفصل الخامس:** دراسة وتطوير نظام الإنذار عن الحريق: ويتضمن بنية نظام الإنذار عن الحريق المركب في المجمع البلدي وطريقة توصيله مع نظام إدارة المبنى وتطوير النظام عن طريق إدخال الحس البصري باستخدام الكاميرات وبرامج معالجة الصور باستخدام المنطق العائم.

٨. **النتائج والمناقشة:** وتتضمن أهم النتائج التي توصلنا إليها في بحثنا وأهمية تطبيقها في الحياة العملية.

٩. **التوصيات والمقترحات:** وتتضمن أهم الرؤى المستقبلية لتطوير نظام إدارة وأتمتة الأبنية وتوسيع مفهوم إدارة وأتمتة الأبنية ليشمل المدينة بالكامل.

- الخلاصة Summary:

إن الحصول على الراحة المرضية يحتاج إلى زيادة في استهلاك الطاقة، وهذان العاملان الرئيسان (الراحة واستهلاك الطاقة) هما اللذان يقودان إلى إيجاد نظريات وتصاميم جديدة للتحكم بالإنارة وتجهيزات التدفئة وتجهيزات التبريد وتجهيزات التكييف والتهوية في الأبنية.

إن التقدم السريع لتقنية الحاسبات جعل من الممكن إدخال المتحكمات الذكية في التحكم بالتجهيزات التقنية في الأبنية وأتمتها وربط التصميم بالاستثمار والصيانة بأسلوب معرفي (يتقارب إلى تفكير الإنسان). مما يقلل من الوقت المصروف على إيجاد وتحليل التصميم المناسب، وتحديد الأعطال، وكذلك كلف التصميم والتركيب والاستثمار والصيانة، بالإضافة إلى توفير الطاقة وما ينعكس من هذا التوفير على الزراعة والصناعة وغيرها من الجوانب الاقتصادية الأخرى.

يقدم البحث فرصة لإظهار أهمية الذكاء الصنعي (المنطق العائم) في أتمتة التجهيزات التقنية في الأبنية وتكاملها مما سيخلق اتجاهاً نحو التكامل الأفضل في الأبنية والتكامل مع الأبنية الأخرى وبالنتيجة الحصول على حي أو مدينة معرفية متكاملة.

مدخل إلى البحث والدراسات المرجعية
Introduction to Research and Reference Studies

– مقدمة Introduction

يقدم هذا الفصل مراجعة تقنية متعلقة بالبحث والتي على أساسها سنسعى لتطوير البحث، إن دراسة المراجع التقنية تزودنا بالمعلومات والأفكار والبراهين المكتوبة من وجهة نظر خاصة لإنجاز بعض الأهداف المعينة أو إبداء بعض وجهات النظر عن طبيعة البحث الذي نحن في صدده وكم هو محقق فيه، إن تفحص المراجع الخاصة بالبحث تعني عملية توثيق ومراجعة الأعمال المنشورة لتمييز وإبراز المتغيرات المهمة، ولتوثيق النتائج الهامة من البحوث السابقة التي سنعمل في إطارها لبناء وتطوير وتحقيق البحث الحالي.

لإنجاز هذا البحث تمت مراجعة المراجع المتعلقة بما يلي (الجدول أ):

١) تكامل الأبنية.

٢) الأبنية الذكية.

٣) أتمتة وإدارة الأبنية.

٤) بروتوكولات الاتصالات في الأبنية.

٥) أنظمة أتمتة المباني (BAS) لأبنية المكاتب.

٦) المنظومات الخدمية في الأبنية المكتبية.

الجدول (أ): بعض المصطلحات (Terms) المستخدمة في البحث:

قائمة الكلمات أو العبارات	التعريف أو المختصر الفني	المرجع
المبنى المكتبي Office Building	هو المبنى الذي يحتوي على مكاتب ينفذ العمل فيها.	WorldNet 2.0
الأبنية الذكي (Intelligent Building)	اختيار نوعية البيئة المناسب لتلبية متطلبات المستخدمين، وذلك باستخدام وسائل خدمية وتصميمية تجعل الأبنية ذات عمر طويل.	So (1999)
التكامل (Integration)	إشراك بعض الأشياء من قبل بعض الأشخاص باستخدام بعض الطرائق من أجل بعض الأهداف.	Betts et al. (1995)

التصميم(Design)	الاختراع أو الإبداع أو التشييد وفقاً لخطة ما، ويمكن أن يعرف أيضاً، بأنه خطة أو مخطط، تم تخيله في العقل، للشيء الذي سينجزه :سيحمل المفهوم التمهيدي للفكرة إلى الإنجاز بواسطة العمل.	Encarta Dictionary; Hamilton& Harrison A.(1986)
الصيانة Maintenance	لمراعاة سلامة الأصول الطبيعية بالتصليح و التعديل أو بتبديلهم حسب الضرورة لتوفير الوثوقية في التحكم.	Encarta Dictionary
تقنيات المعلومات و الاتصالات Information & Communication Technologies	تستخدم دراسة التقنية لمعالجة المعلومات و المساعدة في الاتصالات.	WWWICT
نظام دعم القرار Decision Support System	يدعم DSS صناعة القرار المعقد ويزيد من فعاليته. أنظمة معتمدة على تفاعل الحاسوب، و الذي يساعد صانعي القرار بالبيانات و النماذج لحل المشاكل غير المنظمة.	Turban et al (2001)
نظام أتمتة الأبنية Building Automation System (BAS)	هو النظام الذي يحسن الإقلاع و الأداء لتجهيزات HVAC ونظم الإنذار . ويزيد من تفاعل الأنظمة الميكانيكية الفرعية ضمن المبنى، ويحسن من راحة الشاغلين باستخدام أدنى طاقة، ويسمح بالتحكم بالمبنى من خارج الموقع.	BAS Load Management
أداء المبنى Building Performance	خيارات أداء المبنى، يعني، نوعية الهواء الخارجي، نوعية الصوتية، نوعية الرؤية، نوعية الراحة الحرارية، نوعية المكان، الطاقة، سلامة البناية.	NEEC National Energy Efficiency Committee
صون الطاقة Energy Conservation	استعمال الطاقة بشكل كفوء أو بشكل متعقل (توفير الطاقة).	WWWEC

المحافظة على الصيانة Maintainability	السهولة، والدقة، والأمان، والاقتصاد للصيانة لكي تحسن الفعالية والكفاءة للصيانة. السهولة التي تمكن نظام البرمجة والمكونات أن تعدل لتصحيح الأخطاء، وتحسين الأداء، أو خواص أخرى، أو التكيف مع بيئة جديدة.	ASHRAE 2003 IEEE90
الاستمرارية (الديمومة) Sustainable	تقابل حاجات الوقت الحاضر بدون تعريض المقدرة إلى أخطار مستقبلية تقابل حاجات المشترين.	Agenda 21

– تكامل الأبنية Building Integration

١ – أحوال صناعة المباني المكتبية.

ركز Sullivan (1896) عند ذكره للمباني المكتبية على الخاصية المميزة للمبنى: "إذا أمكن تطويل المبنى إنشائياً يجب تطويله، ويجب أن تكمن فيه القوة والقدرة للارتفاع، فإن ذلك يعطي البهجة والفخر لحماس القائمين عليه". بالمحصلة إن الارتقاء بالارتفاع لوحده هو ما يميز المباني، فيجب أن يكون المبنى أعلى من جميع المباني الأخرى ولو لفترة بسيطة، وهذا ما قاد قطاعات الإنشاء لتطبيق تقنية طليعية على إبداع نظام ومنتج لتحسين الأداء الوظيفي لملاحقة معايير مباني المكاتب ذات الارتفاع الأعلى [1].

في الواقع، تبنى مشاريع مباني المكاتب في أغلب الأحيان تحت قيود الوقت والميزانية، والانقياد لبعض الأهداف الخاصة، إما لأسباب سياسية أو اقتصادية والتي يمكن أن تساوم على المشروع، ومع ذلك، يحتاج المبنى إلى التحمُّل والموازنة بين تشكيلة المتطلبات خلال العمل، ويبدو أن صناعة المباني مسهل في الإمارات العربية المتحدة مما جعلها تحصد أفضل الأرقام بالارتفاعات والخدمات، وخاصة بإدخال تصاميم مميزة، تدمج بين البنية الإنشائية والهدف من المبنى والخدمات المطلوب توفرها في المبنى، نتيجة لدخول المعلوماتية والأتمتة إلى صناعة المباني وتوفر الميزانيات الضخمة والحماس بالوصول إلى الأفضل في هذه الصناعة.

٢ – تطبيقات تقنية الاتصالات والمعلومات في عملية البناء.

إن التقدم السريع للمعلومات والاتصالات وفر دعماً كبيراً للعمل والصناعات التي تتضمن الإنشاء وصناعة المباني. توفر هذه التقنية أدوات قابلة للتطبيق وبنى تحتية لزيادة كفاءة العملية، حيث أنها تحسن الاتصال وتسهل تبادل العلاقات أثناء عملية البناء.

بالنظر إلى دور تقنية المعلومات والاتصالات وتوسعاتها في عملية البناء الكاملة من وضع الأفكار العامة أو التخطيط، والتصميم، والتشييد، والاستثمار والصيانة، والاستخدام، وترميم المبنى أو إعادة تشييده سيقدم لنا فرصة براقة لمستقبل الأبنية، مع ذلك، ما تزال حالة نمو أتمتة البنية بطيئة، على أية حال، سوف تستمر تقنيات المعلومات

والاتصال بلعب دور في هذا المجال حتى تصبح اللاعب الأساسي، وستكون عملية البناء من خلال التكامل الواقعي قادرة على الدخول في دعم اتخاذ قرارات أفضل بكثير في مرحلة مبكرة جداً من عملية التصميم.

تدعم تقنية المعلومات تصميم وتكامل نظم إدارة المعرفة، والاتصالات على جميع المستويات، ودعم القرار، والتخطيط، ومعالجة المعلومات، والمبنى الذكي، باختصار، يمكن تلخيص ما سبق بما يلي:

١. توفر تقنيات المعلومات والاتصالات المعرفة والأدوات التي يمكن أن تستخدم في كل مراحل عملية البناء، من أفكار التصميم إلى التشغيل، والصيانة والترميم.

٢. توفر تقنيات المعلومات والاتصالات الإمكانية لتطوير نظم الأبنية وأدوات دعم التصميم لعملية البناء.

٣. تسد تقنيات المعلومات والاتصالات الحاجة من أجل تكامل عمليات البناء لتسهيل:

- حوسبة نظم عمليات البناء.
- عرض تصويري لعملية البناء.
- إدارة المباني الذكية : توفير الطرائق، والأنظمة، والتقنيات من أجل التصميم، والتشغيل، والصيانة، وإدارة المبنى، بالإضافة إلى تحسين البيئة.
- قواعد البيانات المتكاملة :وتتضمن المفاهيم والمتطلبات التقنية لعملية البناء.

على أية حال، ما يزال مصممو المباني يضعون تصاميمهم دون التكامل مع باقي مراحل استثمار المباني، والمشغلون والمستثمرون لا يرجعون إلى المصممين للاستفسار عما يعترضهم من مشاكل، وهذا يجعل الحاجة ضرورية لتطوير تقنيات المعلومات والاتصالات لدعم دورة حياة المبنى بالكامل بعد مرحلة التصميم والإنشاء: إدارة الموجودات، والتشغيل والصيانة [2].

٣- مراجعة للعمليات الجارية على الأبنية الحالية.

على الرغم من الجهود والتطورات المتقدمة في أتمتة وتكامل المنتجات والنظم كما ذكر أعلاه، إلا أن التطبيق كان بطيئاً في عملية أتمتة الأبنية، بسبب:

ــ أن تطبيق الأتمتة معقد جداً بسبب قلة الخيارات (عدد قليل من المنتجات، وتغيير المشاركين من مشروع إلى آخر، وتغيير مواقع الإنتاج، واختلاف الثقافات).

ــ استخدام المشاركون في عمليات البناء أشكال مختلفة من أدوات تقنيات المعلومات والاتصالات، واللغات، والنماذج.

ــ التشكيلة الواسعة الغنية لواجهات المستخدم وبسمات مختلفة.

ــ فهم الزبون الضعيف بتقنيات المعلومات (بسبب القرارات المبتكرة والمفضلة، والثقة في نوعية المنتج الأخير).

لقد راجت في السنوات الأخيرة عبارة المباني الذكية والمستمرة، فمن الخصائص المميزة للمبنى الذكي تكامل نسيج التقنيات الجديدة والمعقدة داخل المبنى للحصول على تشغيل أكثر فاعلية، لذلك في أغلب الأحيان، ترتبط السمات الرئيسة للمبنى الذكي بأجهزة الأتمتة المتقدمة والتحكم والمراقبة بأغراض الخدمات [3].

تهدف استمرارية المبنى إلى خفض التأثيرات السلبية على البيئة والموارد أثناء عمليات التصميم والإنشاء والتشغيل، وهذا ما ينتج عنه بيئة صحية واجتماعية سليمة، لذلك يجب أن تبقى عملية التكامل ثابتة طوال عمر المبنى.

يمكن تلخيص مراجعة العمليات على الأبنية بما يلي:

- إن أداء المبنى يعتمد على مدى تكامل العمليات عليه مثل التصميم والتشغيل والصيانة لمنظومات خدمات المبنى، فأي مرحلتين من مراحل العمليات تعتمدان على المرحلة الثالثة [4].
- أيضاً تتطلب الأبنية دعم وخدمة مدى الحياة لتشغيلهم وصيانتهم، ولهذا تصبح المساعدة التقنية على شكل نظم أتمتة الأبنية [5].
- إن نظم أتمتة المباني أصبحت مقدرة جداً، خصوصاً بمشاريع البناء الجديدة، حيث أنه الطريق الأكثر ربحاً من إدارة وتوفير الطاقة في المبنى، بالإضافة إلى المساعدة في زيادة مستويات الراحة وتوفير شروط عمل ومعيشة صحية، ومن الضروري أن تبنى المباني الذكية بالمواد ذات الاستمرارية من خلال طرائق التصميم الذكية والإنشاء، فالمعالجة لا تتوقف على المعالجة الصحيحة لأنظمة المباني عند اكتماله ولكن على ضمان استمراريتها طول عمر المبنى، حتماً تلعب نظم أتمتة الأبنية الدور الرئيس في تصميم المباني الذكية مما يؤدي إلى التوفير في الطاقة وتحسين نوعية البيئة الداخلية للمبنى. على أية حال، لا تجعل مستويات التقنيات الجديدة لوحدها المبنى ذكياً، لأن الوظيفة الشاملة للمبنى الذكي تحتاج إلى الاعتماد على التكامل الشامل لأنظمة خدمات المبنى، مثل HVAC والقدرة الكهربائية، والاتصالات، والأمن والسلامة، والنقل، وتصريف المياه المالحة...ألخ [6].

وهو أيضاً يعتمد على التكامل بين هذه الأنظمة وتركيبة المبنى بالإضافة إلى البنية التحتية للاتصالات، و يمكن أن يتم أمثلة تكامل النظم بالتخطيط الاستراتيجي لتطوير البناء، والإقلاع النموذجي عند مراحل التصميم الأولية للبناء وينتهي بالمعالجة لمدى حياة المبنى بطريقة صيانة المبنى وترقيته.

من ناحية أخرى، تبقى مشاكل الأداء مشتركة على أسس عامة؛ احتمال حدوث أعطال للنظام، و حالات إخفاق التحكم، وقد تصطدم الخدمة أحياناً بالتكاليف الجارية الكبيرة وعدم إمكانية الوصول إلى مستويات أو مرونة للراحة المرغوبة من قبل الشاغلين، غالباً ما ترتبط مثل هذه المشاكل بالتصميم واختيار وتركيب وتشغيل أنظمة المبنى، والسؤال الآن هو "كيف يمكن أن نقدم تصميماً أذكى من أجل بناء أكثر استمرارية"؟.

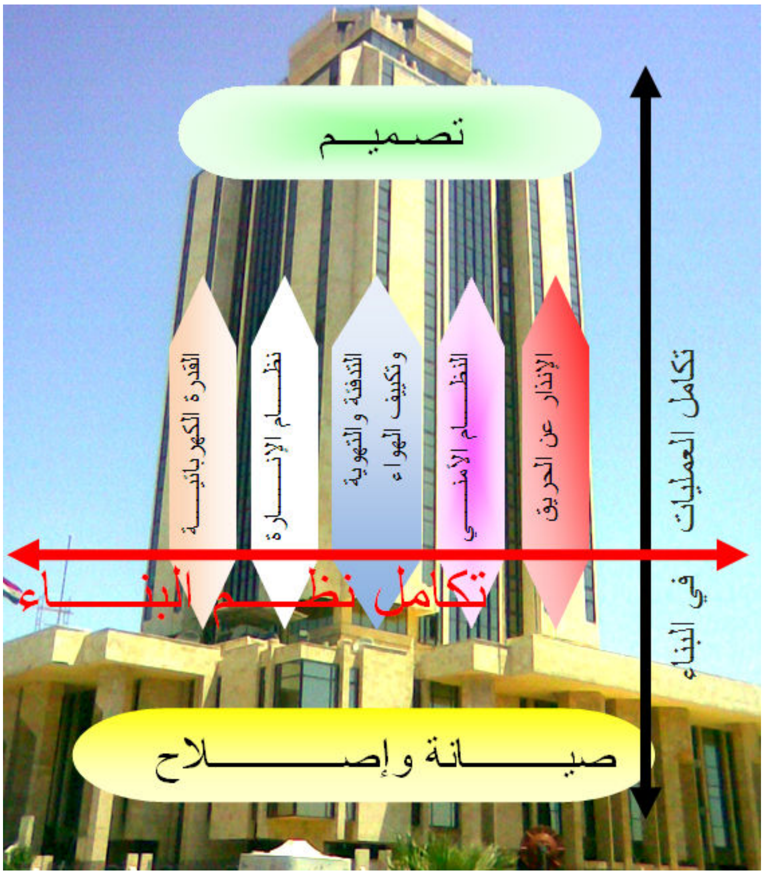
٤ – تكامل نظم أتمتة المباني.

تبحث هذه الفقرة قضايا تكامل نظم أتمتة المباني مبدئياً من منظور تقني لمنظومات المباني التي توفر الخدمات المختلفة وفقاً لمتطلبات المستخدمين أثناء حياة المبنى، ويمكن تلخيص أكثر القضايا المختلف عليها والمرتبطة بأنظمة المباني بحالات تعطل الاتصالات، والتنسيق، وتكامل معلومات أنظمة المبنى بين المصممين والمستثمرين وعمال الصيانة، حيث أن تنسيق وتكامل أنظمة المبنى تقع مسؤوليتها على المنسقين التقنيين المعماريين ومدراء المشروع.

- **تكامل قطاعات الأبنية.**

يمكن تصنيف تكامل قطاعات الأبنية إلى صنفين: تكامل أفقي (أو تكامل المنظومات) وهو عبارة عن تكامل المنظومات التقنية في المبنى مثل: أجهزة التدفئة وتكييف الهواء، والنظام الأمني، والتغذية الكهربائية، ونظام الإنارة، ونظام الإنذار عن الحريق، ونظام المرآب، ونظام تصريف المياه...ألخ. وتكامل عمودي أو (تكامل العمليات) وهو عبارة

عن تكامل العمليات التي تجري على المنظومات التقنية في الأبنية مثل التصميم، والتخطيط، والإنشاء، والتركيب، والميزانية، والتشغيل والصيانة، والترميم...ألخ (الشكل ١).



الشكل (١): تكامل تشكيلة قطاعات الأبنية.

١) تكامل المنظومات:

نشر وروج من خلال وسائل الإعلام عن المصاعد الذكية، ومواد الأسقف الذكية، وصنابير مياه الشرب الذكية، ونظم توزيع الأسلاك الذكية، والتبريد الذكي وأنظمة التدفئة والتهوية والتكييف الذكية، فهل هي ذكية ومتفاعّلة؟

إن أساسيات تلك التقنيات المتقدمة فُهمت بما فيه الكفاية للتطبيق، على أية حال، يوجد تحفظ على جواب السؤال!.

غالباً أي بناء مصمم بنجاح يقارن مع سلسلة المباني البارزة، كما يحدث في الجوقة الموسيقية عند عزف سيمفونية، حيث يستطيع كل عازف أن يعزف لوحده ولكن لا يعطي الجمال الموسيقي، وبالتكامل والتناغم مع بقية أعضاء الجوقة تحت إشراف قائد الجوقة تظهر روح وجمال السيمفونية الموسيقية. وإذا أخطأ أحد العازفين فسوف يظهر هذا العيب ولا ينظر إلى براعة بقية الموسيقيين. لذلك يجب أن تكون كافة المنظومات الفرعية عالية المستوى تقنياً ومتكاملة مع بعضها البعض في البناء تحت إشراف مشرف واحد (إشراف مركزي).

ينتج عن مكاملة المنظومات في البناء السمات والمنافع التالية[7]:

السمات:

- مكاملة التجهيزات والمنظومات الفرعية التي تستعمل بروتوكولات اتصالات عامة وخاصة وقياسية.
- تزويد واجهة المستخدم بطريقة تفاعل مشتركة للمنتجات المختلفة والنظم الفرعية.

الفوائد:

- التوفير بتكاليف التركيب.
- خيارات أكثر للمصممين.
- التشغيل الأسهل لمنظومات المبنى.
- التشغيل المتكامل.

يتطلب التكامل الفعَّال مشاركات وقاعدة تجريبية بين الأطراف الرئيسة. فنجد الحاجة إلى تفعيل التقنية في مجالات أجهزة الحاسوب، والبرامج، والشبكات، والبرتوكولات القياسية وذلك لضمان نجاح التكامل.

٢) تكامل العمليات(المعالجات):

تشكل العمليات التي تجري على منظومات المباني (التخطيط، والتصميم، والتدابير، والإنشاء، والتجريب، والتشغيل، والصيانة وحتى التهديم) تشكيلة واسعة من الصعب التواصل بين بعضهم البعض وخاصة أن مفاهيمهم حول عمل كل قسم مختلف عن القسم الآخر، مما جعل التكامل العمودي صعباً جداً.

ولهذا تم التركيز على التكامل الأفقي وقد يستعمل التكامل العمودي للاستفادة القصوى من التكامل الأفقي. وهو يفيد في تحسين أداء المبنى لفترة أطول، وتوفير الطاقة.

ـ الأبنية الذكية Intelligent Building

١- تمهيد:

ما يزال تعريف المبنى الذكي متنوع كما هو الحال في تعريف ذكاء البشر وتعريف الذكاء الصنعي. يعرف المبنى الذكي بالمعنى التقريبي " هو المبنى المجهز ببنية اتصالات تحتية تمكنه من الرد دون انقطاع على طلبات المستخدمين، ويتكيف مع الظروف المتبدلة، والسماح بالاستخدام الأكثر كفاءة للمصادر وزيادة الراحة والأمن " (الملحق أ).

على أية حال، كانت البيئة النوعية للمبنى واستمراريته دائماً خارج تطلعات ورضاء المستخدمين، فمن الضروري جداً مراجعة فوائد البنى التحتية الجيدة والأخذ بالاعتبار المتطلبات الفعلية للمستهلكين، ودراسة العلاقة بين التقنية والذكاء ورغبة البشر للبحث عن حل شامل واستراتيجي، فلذلك لا يوجد تعريف ثابت للمبنى الذكي إلا في الإعلانات والتسويق.

٢- تطور نظام الأبنية الذكية.

ارتبط تطوير الأبنية الذكية بشكل وثيق بنمو تقنية المعلومات، وخلال العقد الماضي انتقلت الحواسيب من حواسيب ذات شكل كبير إلى حواسيب شخصية صغيرة الحجم، مما أحدث ثورة في بيئة الحواسيب الشخصية.

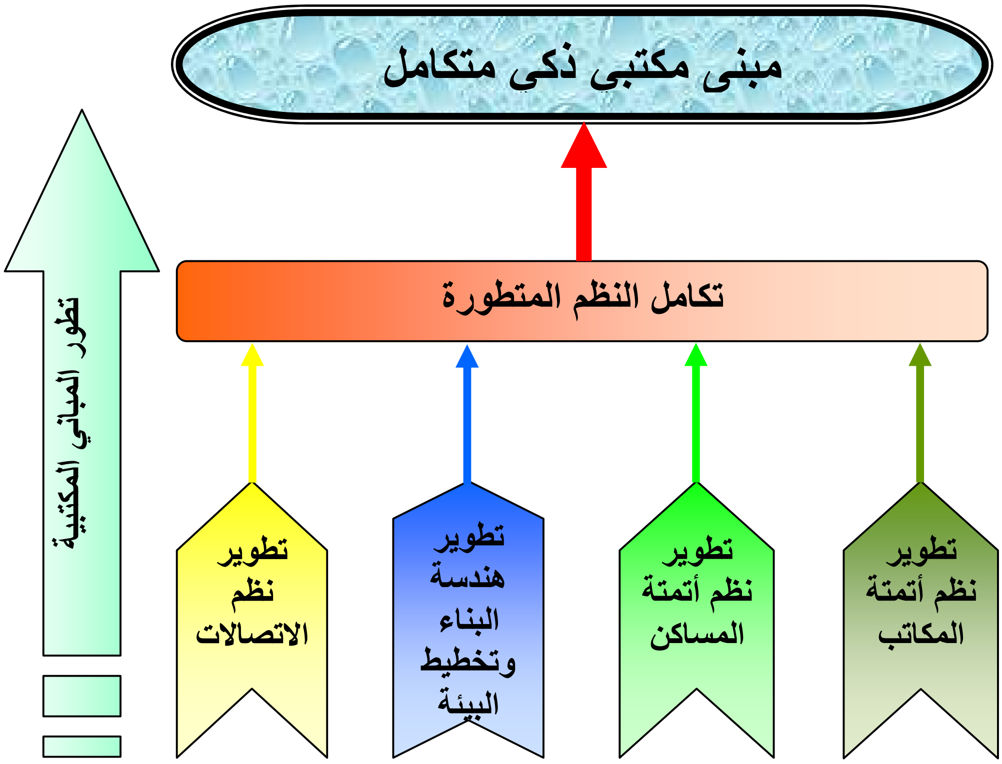
أوجد تطور تقنيات الاتصالات ومعالجة المعلومات مجتمع معلوماتي متقدم قادراً على الدخول ومعالجة المعلومات بسرعة عالية مما أدى به إلى لعب دور هام في التطور، وأصبحت في السنوات الأخيرة الاتصالات الرقمية هي الشائعة، نتيجة دخول الحوسبة على أنظمتها، وهذا أدى أيضاً إلى إيجاد خدمات متنوعة.

أيضا استفادت أنظمة أتمتة الأبنية كثيراً من معالجة المعلومات المتقدمة وتقنيات الاتصالات، وأدى ذلك إلى التوسع في وظائف خدمات المبنى.

من المحتمل في القرن الحالي أن يكون اتجاه التطور بتقنيات الاتصالات مركزاً على:

- خدمات بصرية لإرسال الصور بالدقة العالية، وكذلك الصور المجسمة.
- خدمات ذكية التي تظهر الوعي والمعرفة والفهم والاستدلال.
- خدمات الاتصالات النقالة بناقليه محسنة.

يهدف إلى إنجاز درجة عالية من التنسيق بين تقنيات الاتصالات ومعالجة المعلومات، بغية إنشاء مبانٍ ذكية وبمستوى عالٍ من التكامل قادرة على مكاملة نظام الاتصالات مع أتمتة المكاتب وأنظمة أتمتة الأبنية (الشكل ٢):



الشكل (٢): ثورة المباني الذكية.

٣- المنطق العائم وأسباب استخدامه Fuzzy Logic and Why Use

بالاعتماد على طبيعة التفكير البشري العائم قام العالم لطفي زادة (عالم حاسبات) من جامعة كاليفورنيا بابتكار المنطق العائم ونظرية المجموعات العائمة في عام 1965 وكان من أكثر الباحثين اهتماماً في هذا المجال.

لقد تعرض المنطق العائم في البداية لعوائق وانتقادات وصعوبة استيعابه وقبول التعامل معه لاعتبارات متعددة، منها اجتماعياً واقتصادياً وفكرياً وعلمياً لاختلاف الأيدلوجية وقيمة النتائج المرجوة من التحليل والاستنتاج. لاحقاً سيطر المنطق العائم تدريجياً على تفكير أعضاء جمعية العلماء المخترعين في الولايات المتحدة الأمريكية واعتمدت هذه التقنية كدراسة نظرية جديدة ومتكاملة وذات نهج عام للتفكير والاستنتاج، ومن الجدير بالذكر أن الاستخدام والتعامل معه لا يقتصر على المهندسين والمختصين في أنظمة التحكم فقد يتناول استخدامه المصممين والمستثمرين وعمال الصيانة وأصحاب المصانع.

يعتبر تطبيق الأنظمة العائمة من أكثر الطرائق تشابهاً مع تفكير وإدراك الإنسان، ظهر المنطق العائم كمكسب للتحكم بالأنظمة والعمليات الصناعية المعقدة والأجهزة الكهربائية المنزلية وأجهزة التسلية، وأيضاً في الأنظمة الخبيرة التي استخدمت في نظم أخرى.

بالاعتماد على منطق بولين الذي طور مبدأ عمل الأنظمة الخبيرة المعتمدة على المنطق، والتي تعتبر أن أي تعبير غامض وغير واضح تماماً وغير دقيق وعائم في طبيعته، جاء التفكير الواقعي في مقدرة المنطق العائم على التعامل مع هذه الحالات اللاخطية، والتي يتعذر تشكيل معادلات رياضية باستخدام تعبير لغوي بسيط، حيث يبنى المنطق العائم على المصطلحات والقواعد ....If….then.

يعتبر المنطق العائم متعدد القيم، حيث يتناول القيم التي تقع بين الصح والخطأ، وتعرف في التقييم التقليدي مثل (صح ، خطأ) و(نعم ، لا) و(عالي ، منخفض)، كما أن المعالجة والتشكيل الرياضي للمفاهيم عرفت بالتعبير اللغوي، على سبيل المثال سريع جداً، أكثر طولاً، ساخن جداً ...ألخ.

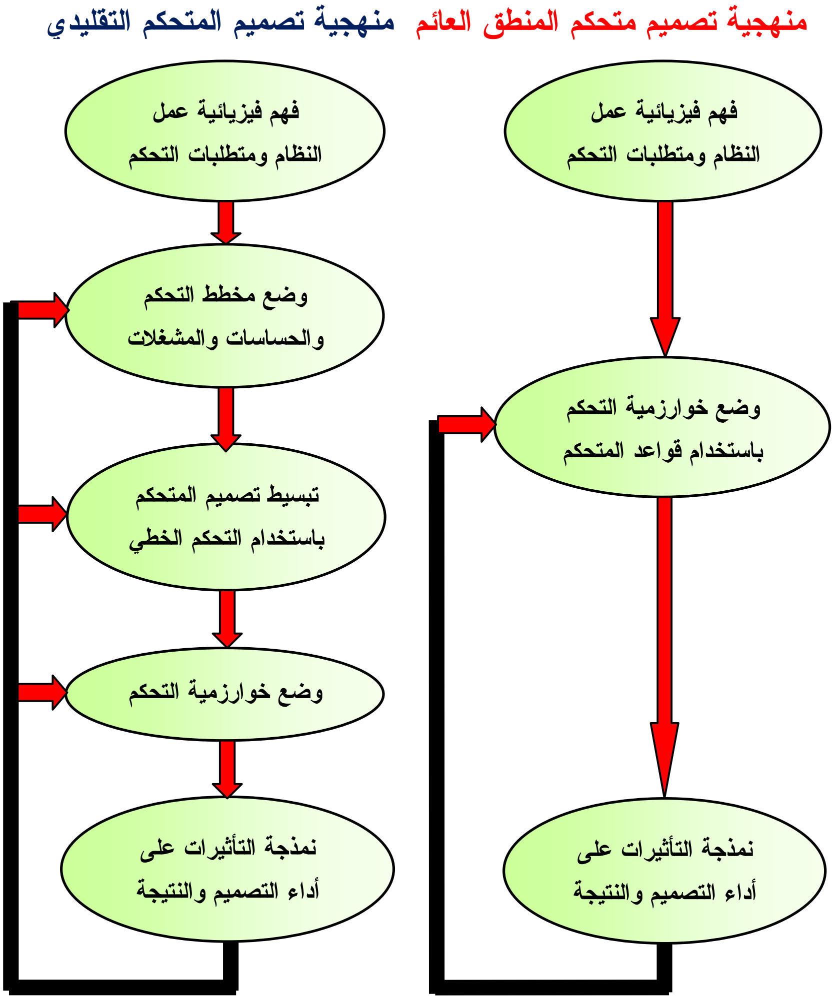
يطبق المنطق العائم بنجاح في عمليات التحكم، والنمذجة والمحاكاة، والتقييم، والتطابق، والتشخيص، وفي العلوم العسكرية وغيرها. سنتناول في هذا البحث مبدأ عمل المنطق العائم وتطبيقاته على الأنظمة التقنية الكهربائية في المبنى المكتبي (التجاري) مثل أجهزة تكييف الهواء، ومنظومة تأمين الماء البارد، ومنظومة تأمين ماء التدفئة والماء الساخن، ومنظومة الإنارة الداخلية، ومفهوم التصميم والاستثمار والصيانة.

ومن الجدير بالذكر أن لا وجود لقواعد ثابتة تلائم معظم التطبيقات، فهناك قيود تقنية تحد من استخدام متغيرات لغوية كثيرة تساعد على زيادة مرونة نظام التحكم، كما أن الزيادة في عدد القواعد يؤدي إلى صعوبة معالجتها وزيادة حجم الذاكرة المطلوبة.

أسباب استخدام المنطق العائم:

جاء استخدام المنطق العائم لعوامل وأسباب متعددة نذكر منها:

- تعتبر منهجية اختيار التصميم بسيطة وسريعة، من حيث التقليل من دورة إعداد التصميم وتبسيط التصميم المعقد، وتبنى قواعده على خبرات أخصائيي التحكم.
- يعتبر اختياراً جيداً للتحكم اللاخطي من حيث تحسين أداء التحكم وسهولة التطبيق والمقدرة على التعامل مع البيانات العائمة وغير الدقيقة وانخفاض تكلفة البرمجة، فعند المقارنة بين تصميم المتحكم التقليدي لنظام معين وتصميمه باستخدام المنطق العائم (الشكل ٣) نجد أن تصميم المتحكم التقليدي وتطويره



الشكل (٣): الاختلاف بين منهجية تصميم المتحكمات

يحتاجان إلى عدة خطوات، فالخطوة الأولى تتطلب فهم فيزيائية عمل النظام ومتطلبات التحكم، وبالاعتماد على فهم الخطوة الأولى تأتي الخطوة الثانية لتطوير النظام والتي تتضمن الخطة والحساسات والمشغلات، والخطوة الثالثة تتضمن استخدام نظرية التحكم الخطي بغية تبسيط تصميم بارامترات المتحكم التقليدي مثل المتحكم PID، والخطوة الرابعة تتضمن تطوير الخوارزمية من أجل تبسيط المتحكم، أما الخطوة الأخيرة تتضمن نمذجة التأثيرات اللاخطية على التصميم مثل التشويش وتغير البارامترات. فإذا كان أداء التصميم غير مقنعاً سوف نحتاج إلى إعادة كافة خطوات التصميم وإعادة التوليف بين كل خطوة والخطوة التي تليها.

أما في المنطق العائم تتضمن الخطوة الأولى فهم وتمييز سلوك عمل النظام بالاعتماد على معرفتنا وتجاربنا، وتتضمن الخطوة الثانية وضع خوارزمية التحكم باستخدام قواعد المنطق العائم والتي تتضمن التعليمات الأساسية للعلاقة بين المداخل والمخارج وتتضمن الخطوة الأخيرة نمذجة وتنقيح التصميم.

- يمتاز المنطق العائم بالمرونة، حيث يمكن دمجه مع تقنيات التحكم التقليدي لدعم القرارات، ومن السهولة تطبيقه على أي نظام يعطى دون الرجوع للبدء من نقطة البداية.
- سهولة فهم واستيعاب فكرة المنطق العائم، فهو يعتمد على اللغة الطبيعية، وهي اللغة البسيطة والواضحة والمفهومة والمستخدمة في الاتصالات اليومية للبشر مع بعضهم البعض، والتي تكوَّنت على مدى آلاف السنين.

- لا يحتاج حجم ذاكرة كبير.

يعتبر المنطق العائم نموذج لاختيار تصميم منهجي نستطيع تطبيقه في إعداد كل من الأنظمة الخطية واللاخطية للحصول على أداء تحكم متين، حيث استطاع المصممون باستخدامه تحقيق أداء أفضل للمنتج وبخصائص قيِّمة بأقل تكلفة، ومن جانب آخر أصبح للمنطق العائم تسويق أفضل نتيجة للسمات السابقة ولذلك تم اختياره في عملنا.

- أتمتة وإدارة الأبنية Automation and Management Building

١- تمهيد:

إن أتمتة الأبنية هي عبارة عن طريقة مبتكرة من أجل أتمتة العمليات على الأبنية وذلك بتجهيزها بحساسات ومتحكمات والتي تدمج بطرق مختلفة لتشكيل نظام أتمتة البناء(BAS) .

لقد اتسع انتشار نظام أتمتة الأبنية خصوصاً في مشاريع البناء الجديدة، ذلك لأنه الطريقة الأكثر ربحاً في إدارة الأبنية، ويستخدم لأداء المهام التالية [8]:

١ لتحسين إقلاع وأداء النظم والتحكم بها ومراقبتها.

٢ لزيادة التفاعل بين النظم الميكانيكية الفرعية داخل المبنى.

٣ لمنع تدهور البيئة الداخلية المجهزة بخدمات المبنى.

٤ لزيادة وثوقية النظام والخدمات.

٥ لإنقاص استهلاك الطاقة والزمن وتكاليف التشغيل.

يلعب نظام أتمتة الأبنية دوراً هاماً في إدارة الأبنية، فهو لا يساعد الموظفين في جعل الأداء عالياً للمبنى فقط، وإنما أيضاً يخفض من استهلاك الطاقة، ويحسن من راحة الشاغلين للمبنى، وإن مودم نظام أتمتة البناء قادر على اكتشاف الحريق وإخماده، وهذا أحد مسؤوليات الأمان الشخصي، والذي يعطى دائماً الأولوية العظمى في العمل.

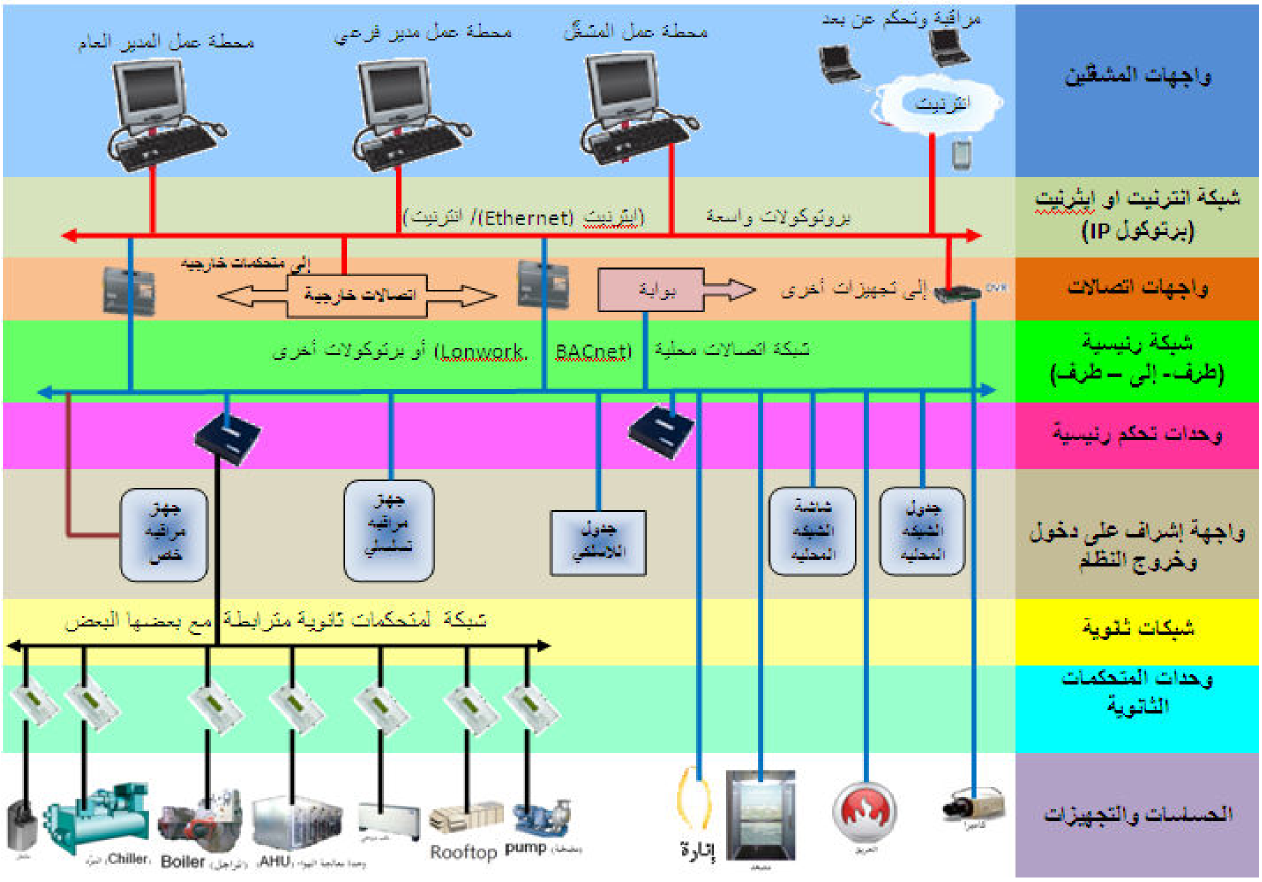
٢- نظم أتمتة الأبنية الحالية :

تشمل نظم أتمتة المبنى متحكمات رقمية مباشرة (Microprocessors)، وحواسيب شخصية، وطابعات، ومودمات، والأجهزة المتحكم بها المستخدمة للتحكم ومراقبة النظم الفرعية مثل نظم التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) والإنارة، والحماية من الحريق، والمصاعد، ونظام الأمن والمراقبة...ألخ. حيث أنه يستخدم على نطاق واسع في نظم التدفئة والتهوية وتكييف الهواء للتحكم بدرجة الحرارة والرطوبة والضغط ونسبة غاز ثاني أكسيد الكربون وبارامترات أخرى لأمثلة إقلاع وأداء التجهيزات ونظام الإنذار، ويوضح الشكل (٤) البنية العامة لنظام أتمتة البناء:

٣- فعاليات نظام أتمتة الأبنية:

من الضروري لتصميم نظام تحكم مؤتمت الحاجة إلى عناصر من أجل التعيير اليدوي، والراحة القصوى بالإبقاء على درجة الحرارة المطلوبة، وتوفير الطاقة وتخفيض تكاليف التشغيل بمنع التسخين الزائد أو التبريد الزائد.

زاد نظام أتمتة الأبنية الحديث كثيراً من تفاعل الأنظمة الفرعية الميكانيكية ضمن الأبنية حيث حسن من راحة الشاغلين، وخفض من تكاليف التدفئة والتهوية والتبريد من خلال إدارة النظام الثانوي المتطور، وخفض من الزمن المطلوب

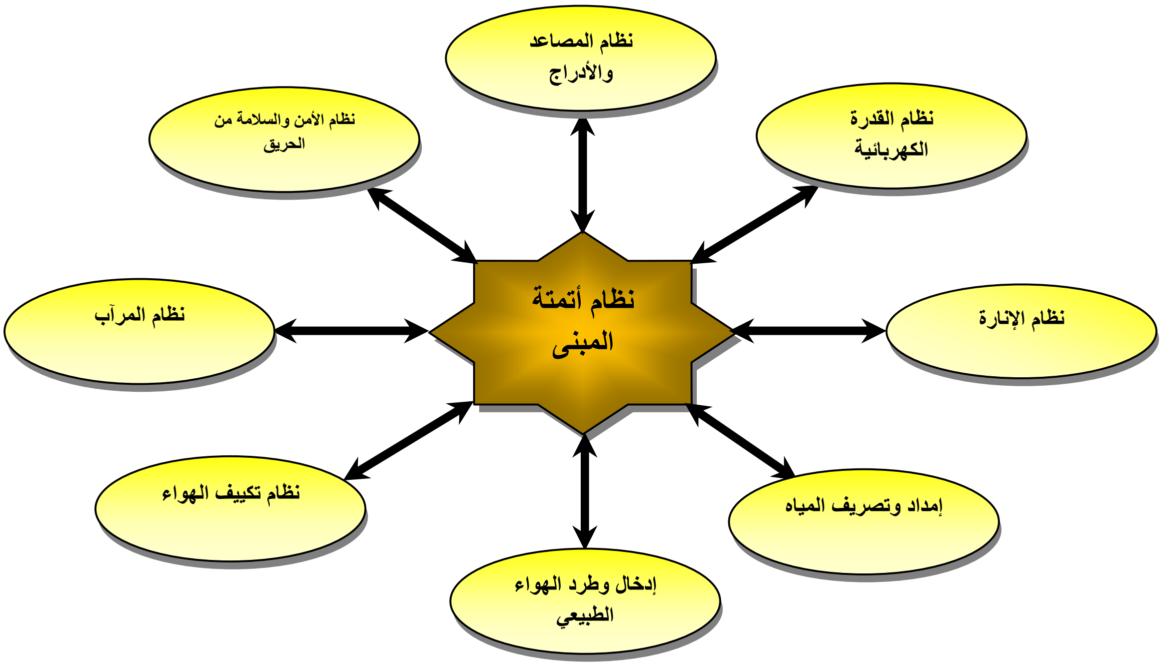


الشكل (٤): البنية العامة لنظام أتمتة البناء.

لمراقبة العمليات في الأبنية، وكذلك سمح بالمساعدة وتنفيذ المهام من مواقع بعيدة، وتستخدم المراقبة المعتمدة على الحاسوب بتنسيق وتنظيم ومكاملة النظم الفرعية للتحكم في خدمات الأبنية مثل: الأمن والسلامة بين نظامي الإنذار عن الحريق والمصاعد أو الأدراج الكهربائية (الشكل ٥)[8] .

٤ – نظام أتمتة الأبنية المكتبية:

بالتوازي مع تطور تقنيات الاتصالات والمعلومات المتقدمة، تبدلت في العقدين الأخيرين أنماط وأساليب العيش، حيث انتقل التوجه في البناء من اختيار تقنيات ومواد جديدة إلى التركيز المنهجي المتوازن على اعتبارات راحة المستخدمين والشاغلين، والملاءمة والصحة والسلامة وقضايا الأداء ذات المدى البعيد مثل الكفاءة وأسعار السوق وتوفير الطاقة. والأبنية الذكية والمؤتمتة يمكن أن تفي بهذه الأغراض، إضافة إلى أنها تحسن من الحالة الطبيعية والشعورية لشاغلي مكاتب المبنى، أصبح قطاع الإنارة في الوقت الحاضر من القطاعات الكبيرة في استهلاك الطاقة الكهربائية ففي الشرق الأوسط يشكل حوالي 22% من الطاقة الكهربائية الكلية، علماً أن متوسط الاستهلاك العالمي حوالي 19% . إن للتحكم بالإنارة إمكانية ضخمة في التخفيف من تكاليف استهلاك الطاقة والصيانة مع زيادة بسيطة جداً في التكلفة الأولية للتركيب، وكذلك زيادة عمر الأجهزة.



الشكل (٥): أقسام نظام أتمتة المبنى.

ولإنجاز هذا التوفير يجب الاستفادة القصوى من ضوء النهار والإقلال إلى الحد الأدنى من استخدام الطاقة الكهربائية مع الإبقاء على مستويات إنارة مريحة.

إن نوعية الإنارة لا يمكن تحديدها بدقة فهي متعلقة بشاغل المكان وبراحته والتي تتضمن شدة الإنارة، و توزع الإنارة، وطيف الإنارة، وتباينات الإنارة (بقع ضوئية)، بالإضافة إلى ذلك أن أغلب المكاتب المفتوحة لها حاجات إنارة مختلفة، فنجد أن ضوء النهار يصل بشكل متباين إلى الأماكن المختلفة البعد عن النوافذ، ولذلك يجب الأخذ بالاعتبار هذا التباين عند توزيع أجهزة الإنارة، واختيار نوع الأجهزة.

٥- مكونات نظام أتمتة الأبنية:

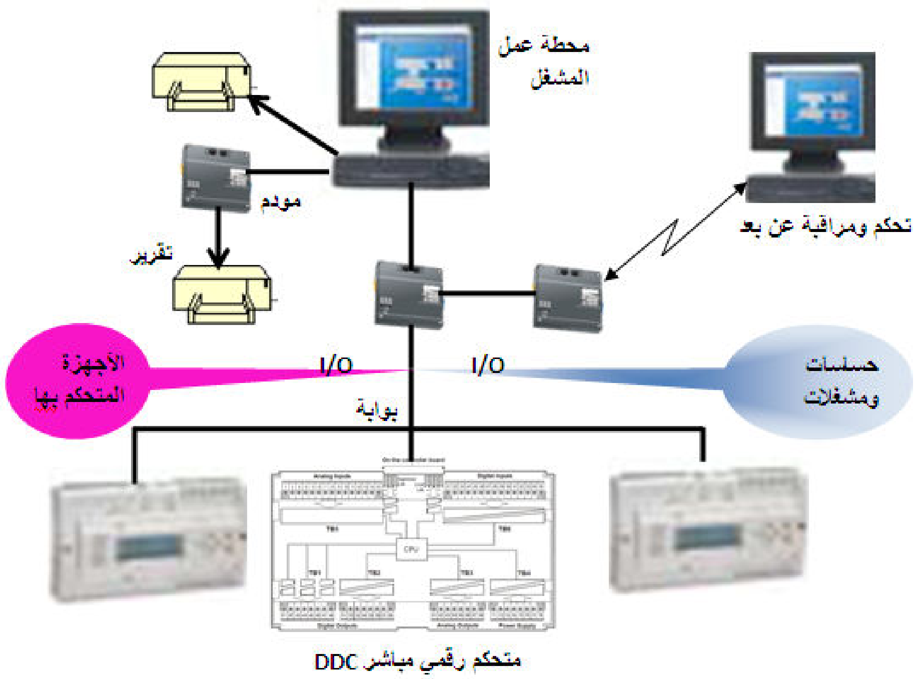
يعتبر نظام أتمتة المبنى دماغ المبنى وقلبه، فهو يمكن أن يتضمن المكونات الرئيسة التالية (الشكل ٦)[9]:

- حساسات ومشغلات(أجهزة متحكم بها).
- متحكمات.
- لوحة تجميع البيانات.
- وحدة معالجة مركزية.
- نظام إرسال.
- واجهة ربط بين الشخص والآلة.

١. حساسات ومشغلات (أجهزة متحكم بها).

تقيس الحساسات الوسط المتحكم به أو دخل المتحكم الآخر بشكل دقيق ومتكرر.

مثال : تستعمل حساسات (HVAC) المشتركة لقياس درجة الحرارة والضغط ونسبة الرطوبة ونسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء وربما أيضاً يتم قياس متغيرات أخرى وذلك حسب وظائف جهاز التحكم، فالحساسات تعتبر جزء مهم جداً في نظام التحكم، ويمكن أن تصنف الحساسات إلى نوعين: تشابهية ورقمية؛ تستعمل الحساسات التشابهية لقياس درجة الحرارة والضغط والرطوبة والجهد والتيار...الخ.؛ أما الحساسات الرقمية فهي مناسبة لتطبيقات مثل حساسات الإنذار ومواضع المؤشرات.



الشكل (٦): مكونات نظام أتمتة البناء.

المشغل (الجهاز المتحكم به) هو الجهاز الذي يستجيب للإشارة القادمة من المتحكم أو منطق التحكم ويغير شرط الوسط المتحكم به أو حالة الجهاز النهائية.

تتضمن هذه الأجهزة صمامات التشغيل وصمامات تنظيم ومبدلات كهربائية ومراوح ومضخات وضواغط ومحركات مختلفة السرعة من أجل تطبيقات المراوح والمضخات.

كذلك المشغلات يمكن أن تكون على نوعين رقمي أو تشابهي؛ تستخدم الإشارات الرقمية كأمر مثل إقلاع/توقف، وفتح /إغلاق، أو ثبات/اقتراب، بينما الإشارات التشابهية تستخدم من أجل تغيير وضعية صمامات التنظيم، وتعديل صمامات ملف التبريد أو التسخين أو تغيير وضعية نقطة المرجعية للتحكم.

يوصل كلاً من الحساسات والمشغلات إلى لوحة تجميع البيانات، المخصصة للمنطقة ذات العلاقة بهما.

٢. التحكم الرقمي المباشر (Direct Digital Control (DDC:

يعالج المتحكم البيانات التي تأتي من الحساسات، ثم يطبق عليها منطق التحكم لإنتاج إشارة خرج، وهذا الخرج يرسل مباشرة إلى الأداة المتحكم بها.

- **تعريف التحكم الرقمي المباشر:**

يحتوي الـ DDC على أجهزة تحكم تعمل بالمعالجات الدقيقة ذات منطق تحكم يُنفذ بـالبرامج، بالإضافة إلى (Analog/Digital (A/D لتحويل الإشارات التشابهية إلى إشارات رقمية للتمكن من استعمالها في المعالجات الدقيقة، ويمكن أن تكون الحساسات التشابهية عبارة عن مقاومات أو مولدات جهد وتيار.

يستعمل الحاسوب في البدء لمراقبة حالة نظام إدارة الطاقة، ولتخزين نسخ احتياطية من البرامج وتسجيل التنبيهات واتجاه التوابع (الوظائف).

إن الاستراتيجيات المعقدة ووظائف إدارة الطاقة متوفرة بسهولة في بنية النظام، حيث يتم تعيير الحساسات في DDC برمجياً، وهذا يخفض ساعات العمل الكلية للتعيير كثيراً، ويوفر إمكانيات التشخيص المركزي، ويتم تحديث البرامج والبرمجة بشكل متوازٍ، وهذا يسهل الاستخدام مع كل تحديث.

- **فوائد التحكم الرقمي المباشر.**

إن فوائد الـ DDC بالنسبة إلى التقنيات الأخرى أنها تحسن من تأثير التحكم وتزيد كفاءته.

- **تحسين الفعالية:**

يقدم DDC تحكم أكثر فعالية لأنظمة الـHVAC بإمكانية تزويده بحساسات أكثر دقة، لأن الحساسات الإلكترونية لقياس البارامترات المشتركة لـ HVAC أصلاً أكثر دقة من أسلافهم البنيوماتيكية، ومنذ أن أصبح منطق التحكم مبرمج أصبح بالإمكان تغيير هذا المنطق بسهولة، بهذا المعنى إن الـ DDC مرن أكثر بكثير في تغيير معطيات الجداول، والنقاط المرجعية (Setpoints) ومنطق التحكم العام، وأصبح بإمكان المستخدمين تطبيق الاستراتيجيات الأكثر تعقيداً برمجياً، وإن التوفير في طاقة الأجهزة يحسن من أداء النظام وتصبح الكلفة أقل ارتباطاً مع التغييرات.

هذا يفترض أن المستخدم بالطبع يمتلك المعرفة للقيام بالتغييرات.

بالإضافة إلى أن الـ DDC يمكن أن تعمل بسهولة مع الأنظمة المعتمدة على الحاسوب، وكذلك أن تعمل مع أنظمة التحكم بالحريق، وإيصالها مع نظم التحكم بالأمن والإنارة وإدارة الصيانة.

- **تحسين فعالية التشغيل:**

تسمح هذه الإمكانات من التشخيص التقني للمشاكل وتسيطر عليها بسرعة بسبب إمكانياتها القوية جداً في توجيه التحذيرات إلى المواقع المختلفة من شبكة المعطيات.

أيضاً تسمح بصياغة البيانات بصيغ مختلفة مع إمكانية التخزين وتحليل اتجاهات أداء الأجهزة مع مرور الزمن.

كذلك يمكن مراقبة زمن تشغيل الأجهزة المختلفة من المنبهات وتحديد وقت إجراء الصيانة الدورية، ويمكن الاتصال من خارج الموقع والدخول إلى النظام عن بعد، وبالتالي يمكن أن تشترك عدة أطراف لحل المشكلة.

إن باعة أجهزة التحكم والتصميم يمكن أن يستعملوا هذه السمات بشكل أكثر كفاءةً في التشخيص وتصور المشاكل وحلها.

- **زيادة كفاءة الطاقة:**

هناك العديد من استراتيجيات التحكم بكفاءة الطاقة استخدمت المنطق البنيوماتيكي والتي يمكن أن تطبق بسهولة في منطق الـــ DDC ، وبسبب إضافة توابع رياضية أكثر تعقيداً، فقد تم الحصول على كفاءة طاقة إضافية باستخدام الـــ DDC.

إن استراتيجيات مراقبة وتحديد المطلوب، يمكن تطبيقه بسهولة أكثر باستخدام الـــ DDC، فالمطلب العام هو مراقبة النظام والتحكم به لإعادته إلى النقطة المرجعية (Setpoint)، بالإضافة إلى تخزين كافة الاتجاهات ومراقبة أنماط استهلاك الطاقة وجدولتها.

٣. عناصر نظام التحكم الرقمي المباشر.

- **النقاط (Points):**

تستعمل كلمة نقاط لوصف مواقع تخزين البيانات ضمن نظام الـــDDC، وتأتي البيانات من الحساسات أو من الحسابات أومن المنطق البرمجي.

أيضاً يمكن أن ترسل إلى الأدوات المتحكم بها أو إلى الحسابات والمنطق البرمجي، وكل موقع تخزين بيانات له وسائله الخاصة من التعريف أو العنونة.

يمكن تصنيف بيانات الـــ DDC بثلاث طرق مختلفة بنوع البيانات وتدفق البيانات ومصدر البيانات.

نوع البيانات (Data Type):

تصنف البيانات حسب النوع إلى رقمية أو تشابهية أو تجميعية، ولربما تدعى أيضاً بيانات متقطعة أو بيانات ثنائية.

إن قيمة البيانات إما صفر أو واحد وتمثل عادةً الحالة الحالية أو مواقع مجموعة الاتصالات.

تكون البيانات التشابهية إما أعداد أو أعداد عشرية أو خاصة لها مداخل كهربائية مختلفة تابعة لـــ: درجة الحرارة ونسبة الرطوبة والضغط أو بعض المتغيرات الحساسة الأخرى الشائعة في HVAC.

أيضاً تكون المعطيات التجميعية إما أعداد أو أعداد عشرية، حيث يتم تخزين جميع النتائج، وأحياناً تدعى هذه الأنواع من المعطيات بالدخل النبضي.

تدفق البيانات Data Flow:

يشير تدفق البيانات إلى كمية البيانات الداخلة أو الخارجة من الـــ DDC (مركبة / منطقية)، وتصنف نقاط الدخل المعطيات المستخدمة كمعلومات دخل وتصنف نقاط الخرج المعطيات المستخدمة أيضاً كمعلومات خرج.

مصدر البيانات Data Source:

تصنف النقاط كنقاط خارجية إذا كانت البيانات المستلمة من جهاز خارجي أو أرسلت إلى جهاز خارجي، وأحياناً تدعى باسم نقاط الأجهزة الصلبة، قد تكون هذه النقاط رقمية أو تشابهية أو تجميعية وقد تكون نقاط دخل أو نقاط خرج.

تمثل النقاط الداخلية البيانات التي تولد بمنطق برنامج التحكم، كذلك قد تكون رقمية أو تشابهية أو تجمعيه وتستعمل الشروط الأخرى لوصف هذه النقاط كنقاط افتراضية أو نقاط عددية أو نقاط بيانات أو نقاط برامج.

تستخدم شروط عالمية لتوصيف البيانات المرسلة على الشبكة، لاستخدامها في المتحكمات الأخرى، وهذه النقاط أيضاً ممكن أن تكون رقمية أو تشابهية أو تجميعية.

تمثل المداخل الرقمية لتطبيقات الـ HVAC حالات (مثال : المحرك يعمل أو لا يعمل) المراوح والمضخات والمحركات وتماسات الإنارة،.. الخ، مثال: إن الحد الأعلى لدرجة الحرارة يعتبر دخل رقمي بالرغم من أنه يراقب بقيمة تشابهية (درجة حرارة)، فالمعلومات التي ترسل إلى جهاز التحكم شرطها أن تكون رقمية (سواء تجاوزت درجة الحرارة القيمة المرادة أم لا).

إن أوامر النواتج الرقمية للمحركات أو لأجهزة أخرى هي On أو Off، وتتضمن النواتج الرقمية حالة المراوح والمضخات وموقعي الصمامات الإنزلاقية وتماسات الإنارة... الخ.

بالحقيقة إن الخرج التشابهي (الفعلي) (جهد أو تيار) هو عبارة عن إشارات ذات جهد DC مع تيار صغير جداً (بالميلي أمبير) تُستخدم لقيادة المرسلات أو الجهاز المتحكم به. والنوع الآخر للخرج التشابهي يقوم بتعديل عرض النبضة Pulse Wide Modeling (PWM)، لأن الـ PWM بارع بمراقبة وقت إغلاق مجموعة الموصلات، ومقدار زمن الإغلاق متناسباً مع مستوى أداء الجهاز المتحكم به.

- **خصائص البرامج Software Characteristics:**

تستخدم ثلاث طرق شائعة لبرمجة أنظمة الـ DDC:

١- برمجة خط.

٢- برمجة طبقة أو قائمة.

٣- برمجة لوحة أو كتلة.

تستعمل النظم المبنية على برمجة خط لغات برمجية أساسية Basic أو FORTRAN مع الـ HVAC ذات العمل الدوري الفرعي. لأن الموافقة مع البرمجة الحاسوبية يساعد في أسلوب فهم وكتابة تطبيقات الـ HVAC.

تتضمن برمجة القوائم، قاعدة البيانات أو برمجة نسخة والجداول واستخدام النسخ في حال وجود وظائف مشتركة لـ HVAC، وتحتوي هذه النسخ على البارامترات المفصّلة الضرورية لتشغيل كل كتلة.

إن برمجة لوحة أو كتلة هي امتداد للبرمجة المجدولة في تلك المثيلات من لوحات وكتل لها الوظيفة الفردية نفسها مع استخدام مخططات اللوحات موصولة بخطوط تدفق البيانات.

- **البنية الهندسية (المخطط الهندسي) Architecture :**

هو الجزء الذي يصف بنية الشبكة المحلية العامة أو بنية شبكة الاتصـــالات LAN (Local Area Network)، حيث توصل واجهات المشغل إلى النظام وقد يوصل أحدها عن بعد إلى النظام.

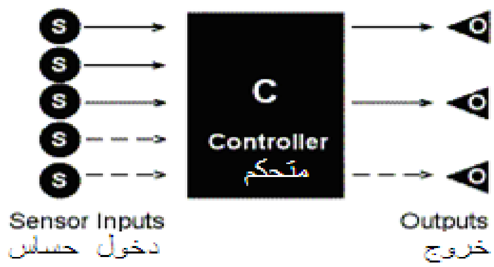
إن الشبكة أو الشبكة المحلية هي الوسط الذي يوصل الأجهزة الذكية المتعددة، حيث يسمح لهذه الأجهزة بالاتصال وتشكيل المخطط النهجي للمعلومات وعرض وطباعة المعلومات وتخزين البيانات.

إن المهمة الأكثر أهمية في نظام البنية الهندسية هي كيفية توصيل أجهزة التحكم DDC بحيث تـنهج المعلومـات فيما بينهم.

- **المتحكم Controller:**

تتطلب حلقة التحكم حساسات لقياس متغيرات عملية التحكم وأسلوب تحكم لمعالجة البيانات وحساب أمـر الـتحكم والجهاز المتحكم به لتنفيذ الأمر.

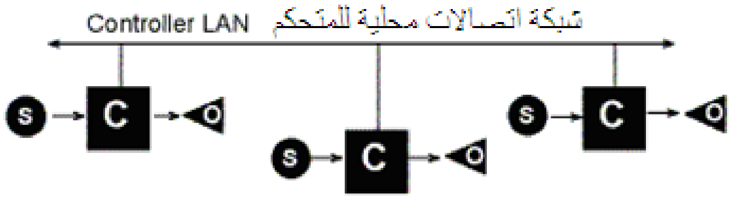
يعرف المتحكم بأنه الجهاز الذي يملك مداخل (حساسات) ومخارج (الأجهزة القابلة للتحكم) والقدرة علـى تنفيـذ منطق التحكم (برنامج) (الشكل ٧).



الشكل(٧): نظام التحكم

- **شبكة الاتصالات المحلية LAN Communication:**

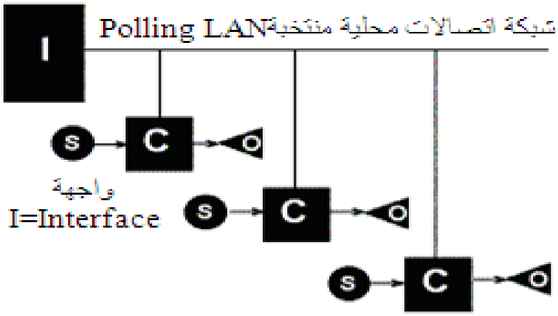
يمكن أن تميز الاتصالات بين الأجهزة على الشبكة كطرف ــ طرف (peer-to-peer) أو الانتخـاب. يمكـن أن يتشارك كل جهاز على شبكة الاتصالات المحلية طرف ــ طرف بالمعلومات مع أي جهـاز آخـر علـى شـبكة اتصالات محلية بدون المرور بمدير الاتصالات (الشكل ٨).



الشكل (٨): مخطط شبكة الاتصالات المحلية طرف- طرف

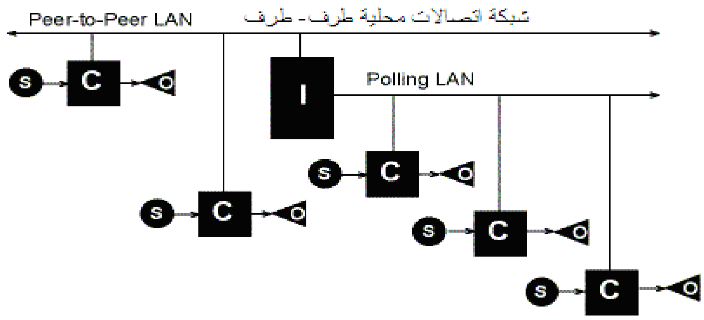
قد تكون المتحكمات على شبكة اتصالات محلية طرف ــ طرف متحكمات أساسية، أو متحكمات ثانوية أو مـزيج من كلا النوعين، وتتفاوت أنواع المتحكمات التي تستخدم شبكة اتصالات محلية طرف ــ طرف حسب المصنّع.

عند انتخاب متحكم Polling لشبكة الاتصالات المحلية، لا تستطيع معلومات المتحكمات الفردية التواصل مع بعضها البعض مباشرة، وبدلاً من ذلك تتدفق البيانات من متحكم فردي إلى الواجهة وبعد ذلك من الواجهة إلى المتحكم الآخر (الشكل ٩).



الشكل (٩): انتخاب مخطط شبكة الاتصالات المحلية.

في الشكل (١٠) نرى دمج واجهة اتصالات مع أجهزة على شبكة الاتصالات المحلية طرف ــ طرف.



الشكل (١٠): دمج شبكة الاتصالات المحلية طرف ــ طرف مع انتخاب.

- **تصنيف المتحكمات:**

يمكن أن تصنف المتحكمات حسب إمكاناتها وطرق توصيلها (متحكم ــ متحكم).

عموماً، هناك تصنيفات للمتحكمات؛ متحكمات أساسية ومتحكمات ثانوية.

المتحكمات الأساسية لها السمات التالية:

- تمتاز وظيفياً بساعة دقيقة وفورية.
- السعة الكلية للنقطة أكبر.
- دعم للاستراتيجيات العالمية.
- لوحة لأجراس الإنذار / رسائل/ بيانات وقت التشغيل والاتجاه.
- برمجة حرة.
- قاعدة بيانات قابلة للتعديل.
- تحوي على محول تشابهي/ رقمي عالي.
- لها وصلة اتصالات داخلية للتوصيل مع الكمبيوتر الشخصي.

أما المتحكمات الثانوية لها السمات التالية:

* ليس بالضرورة ١٠٠% قائمة بذاتها.

* سعة البرامج محدودة.

* السعة الكلية للنقطة أصغر.

* برامجها حرة أو ذات تطبيق معين.

* تملك محول تشابهي/ رقمي منخفض.

*لا تخزن بيانات الاتجاه في هذا المستوى.

* تطبيقها المثالي على أجهزة طرفية، أو أجهزة محطة مركزية صغيرة.

إن وظيفة المتحكم مقارنة الدخل (من الحساس) مع مجموعة الأوامر مثل Setpoint ، ثم إنتاج إشارة الخرج الملائمة وهذا يدعى منطق التحكم، وعادة يشمل استجابة التحكم مع القرارات المنطقية الأخرى التي تكون فريدة لتطبيق تحكم معين.

- **أهمية اختيار المتحكم الرئيس:**

عند اختيار الزبون للمتحكم الرئيس يجب عليه دراسة ما يلي:

دخول وخروج المتحكم:

وتتضمن:

عدد الدخول والخروج وعادة توضع على شكل جدول:

Other	UO	AO	DO	UI	DI	AI	موديل وحدة التحكم

وكذلك محولات A/D ومحولات D/A ومفاتيح HOA المزود بها كل خرج، بالإضافة إلى استخدام LED ضوئية للإشارة على الخرج الفعال وإضافات أخرى حسب الشركة المنتجة.

في حال وجود إضافة موسعات توضع معطياتها على شكل جدول كما في الجدول السابق.

Other	UO	AO	DO	UI	DI	AI	موديل جهاز التوسيعة

منافذ شبكة الاتصالات والاتصالات الخارجية:

- منافذ الشبكة، البرتوكولات، السرعة.
- منافذ الاتصالات الخارجية وسرعات الاتصال.
- معلومات إضافية (اختيارية).

واجهات المشغل (عن طريق المتحكم):

- هل قدرات وصول الشبكة عن طريق المتحكم :
  - الوصول عن طريق المتحكم فقط ؟.
  - المتحكم بالإضافة لمتحكمات إضافية على جزء من الشبكة أو على شبكة الاتصالات المحلية LAN ؟.

- الوصول إلى جميع المتحكمات على النظام؟.
- لا يتوفر وصول على هذا المتحكم؟.

– هل أداة وصول المتحكم هي:

- حاسوب نقال أو حاسوب شخصي؟.
- شاشة عرض محلية (مثبتة ومتحكم بها) ؟.
- لوحة محمولة باليد (مثبتة على مجال محدد) ؟.
- طرف ثالث للتحكم ؟.
- أو أداة أخرى ؟.

الوظائف المتاحة من خلال واجهة	احتمال التجاوزات	الاحتمالات الإلزامية والاختيارية	تغيير البرنامج أو منطق التحكم	تغيير البارامترات	إظهار البارامترات
Laptop/PC	X	X	X	X	X

المعالج والذاكرة والمدخرة:

–ما المعالج الميكروي وما نوعه؟.

– ما نوع الساعة:

- تشغيل من طاقة تغذية المتحكم، ومدعومة بمدخرة؟.
- تشغيل بالمدخرة؟.
- تشغيل من طاقة تغذية المتحكم، وغير مدعومة بمدخرة؟.
- لا شيء ؟.
- أشياء أخرى ؟.

– دقة تزامن الساعة؟.

– ما سعة الذاكرة المؤقتة ؟.

– ما استخدامات الذاكرة المؤقتة:

- استخدامات غير محدودة ؟.
- استخدامات محدودة كالتالي:
  - تخزين إجراء برمجي / حسابات ؟.
  - تخزين بيانات / اتجاهات / إنذارات ؟.
  - تخزين ترتيب / بارامترات ؟.
  - تخزين برامج تحكم ؟.
  - متطلبات أخرى ؟.
- هل الذاكرة المؤقتة مدعومة بمدخرة ؟.

- ما نوع المدخرات ؟.
- ما زمن عمل المدخرة ؟.
- ما زمن تشغيل المدخرة وهي خارج الجهاز ؟.

– ما سعة الذاكرة غير المؤقتة (الدائمة) (EEPROM / FLASH).

– هل استخدامات الذاكرة الدائمة من أجل:

- تخزين بيانات / توجيهات / إنذارات ؟.
- تخزين ترتيب / بارامترات ؟.
- نظام تشغيل المتحكم ؟.
- متطلبات أخرى ؟.

تخزين بيانات التوجيه:

– هل يمكن لبيانات التوجيه أن تخزن في هذا المتحكم ؟.

– كم عدد الاتجاهات الكلية التي يمكن أن تخزن ؟.

– ما دور المتحكم في التوجيه ؟.

– هل يمكن للمتحكم أن يبرمج لدفع البيانات للأرشفة أو أن التوجيهات ترسل من المتحكم ؟.

– عند الامتلاء! هل المتحكم يرسل صعوداً بيانات التوجيه بشكل آلي فوق البيانات المكتوبة، أو يتوقف عن تسجيل البيانات ؟.

البرمجة:

– ما هي طريقة البرمجة ؟.

– هل تنفيذ البرنامج ثابت أم متغير ؟.

– هل الجدولة :

- ثابتة / إشرافية والمتحكم يشرف على جدولة متحكمات أخرى ؟.
- ساكن / قائم بذاته، يحتوي المتحكم جدوله الخاص فقط ؟.
- غير ساكن، يعتمد هذا المتحكم على متحكم آخر لجدولته ؟.
- لا شيء، ليس للمتحكم ميزة الجدولة ؟.
- أوضاع أخرى ؟.

التغذية:

– ما هي طاقة الكهربائية المطلوبة للتغذية ؟.

– الجهد المطلوب ؟.

– الاستطاعة المطلوبة ؟.

التسجيل والتعريف والالتزام:

وتشمل: – وكلاء المختبرات – هل هو معرف من قبل منظمات المعايير العالمية – ما هو البرتوكول المعتمد في بنية النظام؟.

سمات المتحكمات:

- نوع حلقات تحكم DDC ؟.
- ميزة التوليف الآلي ؟.
- الدعم الآلي للوحة الإنذار ؟.
- المتحكم يملك الانعزال المطلوبة أو يحتفظ بالإنذار ريثما يتم الاتصال ؟.
- يمكن استخدامه لأغراض متعددة ؟.
- عند انقطاع التغذية عن المتحكم أو فشل الأجزاء الصلبة:
  - هل تتأثر شبكة الاتصالات ؟.
  - هل تفقد الشبكة ترتيب on/by وتقارير الإنذار ؟.
  - هل تحافظ المخارج AO , DO على حالتها ؟.
  - هل تبقى وظائف الذاكرة حيوية ؟.
- عند إعادة (إصلاح) التغذية:
  - هل الإصلاح يتم آلياً دون تدخل العامل ؟.
  - هل يتم إعادة / تزامن الساعة بشكل آلي ؟.
  - هل يتم تحديث كافة الوظائف المراقبة ؟.
  - هل يتم توليد الإنذار إذا المدخرة تم نزعها أو أصبحت ضعيفة ؟.
- في حالة تعطل الشبكة أو الاتصالات:
  - هل المتحكم:
    - يستمر بالعمل لوحده ؟.
    - يعمل بالأوضاع العامة الأخيرة أو يستخدم قيم خاصة ؟.
    - يستمر الاتصال في نطاق الأجزاء الصالحة من الشبكة المعطلة ؟.
  - هل الشبكة تعيد ترتيبها بالإضافة إلى إعادة التخزين بشكل آلي ؟.
  - هل الشبكة تحفظ / الاتصالات مفقودة / الإنذار مع زمن حدوثه ؟.
- تشخيصات الاختبار الذاتي:
  - هل المتحكم يملك تشخيص اختبار ذاتي لفحص:
    - تعطل المعالج ؟.
    - تعطل الأجزاء الصلبة الداخلية ؟.
    - حساس حالة القطع / القصر ؟.

- تشخيصات أخرى (اختيارية) ؟.

- إحكام المتحكم :
  - هل المتحكم محكم ضد التأثيرات الداخلية والخارجية ؟.

- **استجابة التحكم:**

بمراجعة معظم المتحكمات المنتشرة عالمياً وجد أنها تستخدم المتحكمات التي تعتمد بشكل أساسي على البيانات مثل:

- التحكم بموضعين.
- التحكم العائم Floating Control.
- التحكم التناسبي Proportional Control.
- التحكم التناسبي + التكاملي (PI).
- التحكم التناسبي + التكاملي + التفاضلي (PID) .

إن زيادة تعقيد الأنظمة يجعل التحكم صعباً وغير موثوق نتيجة اعتماده على البيانات في التمثيل والبرمجيات القديمة وعلى قاعدة البيانات وخوارزميات لا تؤدي المطلوب في حال تعقيد النظام.

لذلك نقترح اعتماد الذكاء الصنعي في حلقات التحكم بدلاً عن التحكم الكلاسيكي المركب حالياً.

إن وظيفة جهاز التحكم مقارنة الدخل (من الحساس) مع مجموعة الأوامر مثل القيمة المرجعية (Setpoint) ثم إنتاج إشارة الخرج الملائمة.

- **لوحة تجميع البيانات:**

تجمع البيانات من وحدة المعالجة المركزية وترسلهم إلى الخرج لتنفيذ عمل أو كإشارات عملية، بعبارة أخرى تقوم لوحة تجميع البيانات كوصلة بين إشارات الدخل من الحساسات إلى وحدة المعالجة المركزية وإشارات الخرج من وحدة المعالجة المركزية إلى المشغلات لتأدية وظائف الخرج. وأيضاً تقوم بعملية تحويل للإشارات القادمة من الحساسات حتى تتوافق مع وحدة المعالجة المركزية والعكس أيضاً للإشارات الخارجة من وحدة المعالجة المركزية إلى المشغلات.

- **وحدة المعالجة المركزية:**

هي العنصر الأكثر أهمية في نظام أتمتة البناء والتي تحوي على واجهة إرسال وحاسوب وقاعدة بيانات. تشمل برامج الوحدة؛ برامج التشغيل الأساسية النموذجية وبرامج تطبيقية وبرامج إدارة الطاقة. عند القيادة أو الطلب من البرامج، يعالج الحاسوب البيانات وعندئذٍ تتصل عبر لوحة واجهة الإرسال.

- **واجهات المشغل Operator Interfaces:**

إن العنصر الحرج في بنية النظام هو واجهات المشغل، حيث يطلب من واجهات المشغل ما يلي (الجدول ب):

- مشاهدة البيانات.
- برمجة النظام.

- إمكانية التحكم اليدوي.
- حفظ بيانات المدى الطويل.
- تزويد الواجهة الهيكلية الديناميكية.

الجدول (ب): وظائف نظام التحكم وأتمتة البناء

الوظيفة	الشرح
مشغل التحكم	يستطيع مهندس أو مدير خدمات البناء أن يقوم بتغييرات من أجل تشغيل خدمات البناء عن طريق الحاسوب الشخصي. يمكن أن تتضمن التغييرات تعديل درجة الحرارة، ومرات التشغيل، ومواضع الإنذار،... ألخ، أو تبديل نوع التحكم للوحة القسم.
الرسومات	يمكن مشاهدة مخططات الخدمات على شاشة حاسوب شخصي كاملة بدرجات الحرارة الفعلية، وحالات لوحات الأجهزة (تشغيل/إطفاء)، وإشارات الخطأ.
التسجيل	يمكن تجميع (تسجيل (بيانات التشغيل لطابعتها لاحقاً أو رسم مخطط بياني بالزمن الفعلي على الشاشة.
التقرير	يمكن مشاهدة أو طباعة جداول الصيانة، وتواريخ الأعطال، واستهلاك الطاقة...ألخ.
استدعاء الصيانة	يمكن استدعاء فنيو الصيانة آلياً عندما يحدث عطل بواسطة النداء الآلي أو نظام المودم والمستعجل.
التحكم عن بعد	يمكن أن يدخل مهندس خدمات البناء إلى النظام بواسطة حاسوب شخصي منزلي أو محمول والمودم. يسمح هذا بالمراقبة عن بعد أو ضبط النظام.

هناك خمسة أنواع أساسية من واجهات المشغل:

١ً ــ حواسيب مكتبية، تعمل كمحطات عمل المشغل الفرعية.

٢ً ــ حواسيب دفترية، تعمل كمحطات عمل المشغل الفرعية النقّالة.

٣ً ــ شاشة عرض كريستالية سائلة كلوحة مفاتيح.

٤ً ــ منظمات حرارة ذكية.

يركز عمل الحواسيب المكتبية كمحطات عمل المشغل الفرعية، أي برمجة وظيفة رئيسة، بناء وتصوير مخططات النظام، تجميع بيانات ذات مدى عمل طويل، وتنقية التحذيرات والرسائل.

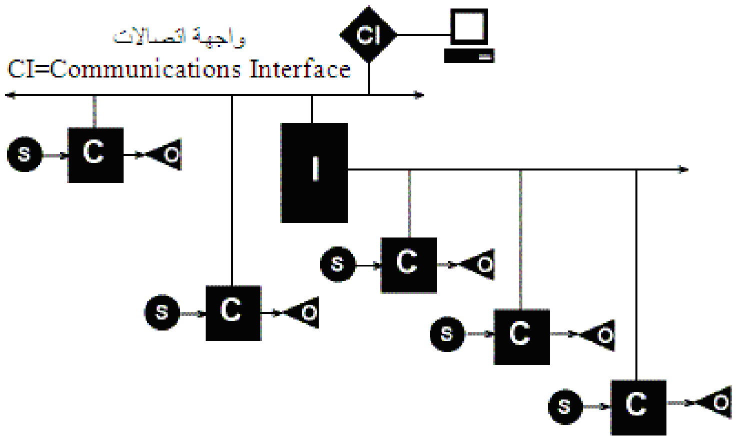
الحواسيب الدفترية قد توصل إلى شبكة اتصالات محلية LAN عبر واجهة اتصال وحيدة أو تحوّل إلى جهاز آخر. توصيلة الحاسوب الدفتري لا يحتمل أن يكون عنده نفس الإمكانية بينما المكتبي يوصل مع مستوى أعلى.

تظهر شاشة العرض الكريستالية السائلة، إشارات المراقبة وتتحكم بها. وأحياناً تكون قابلة للبرمجة المحدودة، مثل تغيير الجدول الزمني أو النقطة المرجعية (setpoint).

لوحات المفاتيح المحمولة باليد، لوحات وأدوات خدمة توصل إلى المتحكمات الأساسية أو الثانوية وتسمح بمراقبة نقطة معينة وتتحكم بها، أو إعدادات المتحكم (إعداد الاتصال والعنونة)، أو تغيير المداخل والمخارج.

- **واجهة PC/Network :**

يبين الشكل (١١) واجهة الاتصالات وهي جهاز يزود به المسلك بين الأجهزة التي لا تستعمل نفس برتوكول الاتصالات ويتضمن الحاسبات والمودمات والطابعات.

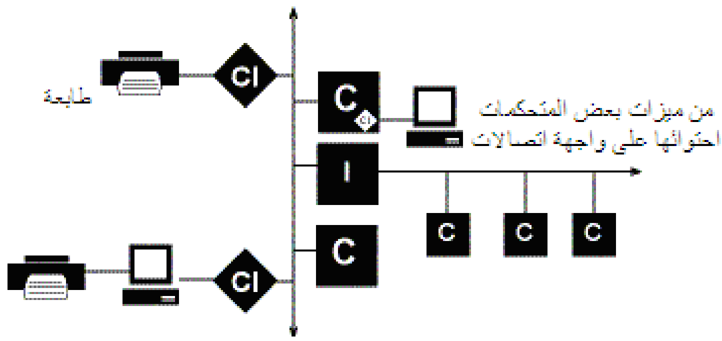


الشكل(١١): واجهة الاتصالات.

ويمكن أن يعمل بشكل مستقل أو عبر جهاز آخر (الشكل ١٢).

يمكن أن تعمل واجهة الاتصالات:

- كمترجم لبروتوكول.
- كعازل اتصالات.
- كخزان ذاكرة مؤقتة من أجل المعلومات أن تعبر بين الشبكة و الكمبيوترات الشخصية الخارجية، مودم أو طابعة (وظيفة صندوق بريد).

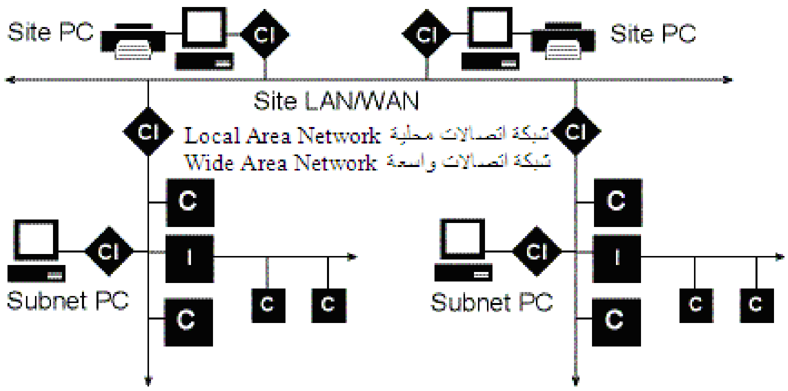


الشكل (١٢): واجهة اتصالات مستقلة.

- **البنية الهندسية للنظام الأكبر:**

عندما تصبح الأنظمة أكبر من سعة الشبكة الفرعية الوحيدة، يضاف مستوى أعلى من المخططات للسماح باستخدام شبكات فرعية المتعددة.

تستخدم الشبكات الواسعة النطاق Wide Area Network (WAN) لتوصيل شبكات فرعية متعددة وتحديد موقع الحاسبات. ويمكن توصيل الشبكات الفرعية المتعددة إلى موقــع وحيــد مــن LAN/WAN للســماح بإشــراك المعلومات بين الأجهزة على شبكات فرعية مختلفة (الشكل ١٣).

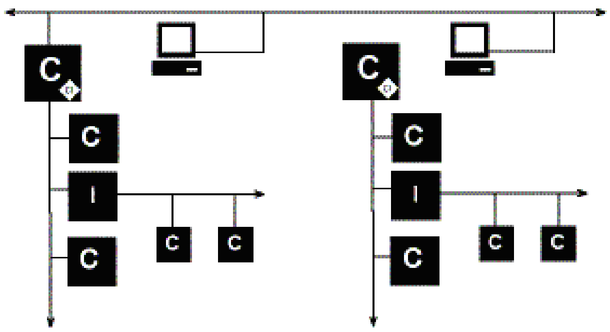


الشكل(١٣): بنية الشبكات الفرعية المتعددة.

يمكن توصيل حاسبات الموقع المتعددة إلى موقع LAN/WAN وبالتالي إرسال واستلام المعلومات مــن كامــل النظام، ويمكن أن تستلم المعلومات من كل حاسبات الموقع، أما حاسبات الشبكات الفرعية تكون قادرة على رؤيــة شبكتها الفرعية الخاصة فقط.

- **المكونات المشتركة:**

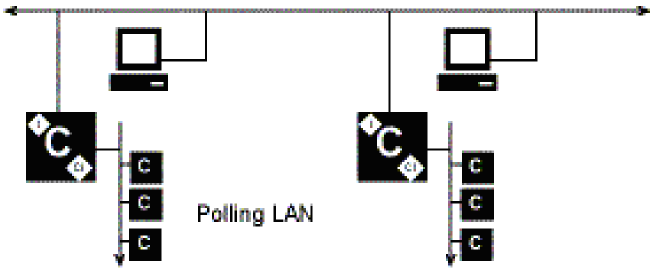
يدمج بعض الباعة وظائف متعددة ضمن جهاز واحد، وفي المخططات الهندسية التالية، تحول واجهة الاتصال إلى متحكم أساسي، وفيه LAN طرف ــ طرف أو الشبكة الفرعية مرتبطة مباشرة مع الجهاز (الشكل ١٤).



الشكل (١٤): المكونات المشتركة طرف ــ طرف.

يبين الشكل (١٥) التكوين الرئيس لنظام يشمل واجهة اتصال ومتحكم أساسي وواجهة إلى شبكة الانتخاب الثانوية.

إن إضافة LAN تسمح للنظام بكسب الحجم من ناحية عدد الأجهزة التي تُخدم، لكن التحدي الأكبر في بعض التطبيقات هو أن موقع الأجهزة يفوق عدد الأجهزة؛ في هذه الحالة، يستعمل اتصال أساسه مودم لتوسيع جغرافية النظام.

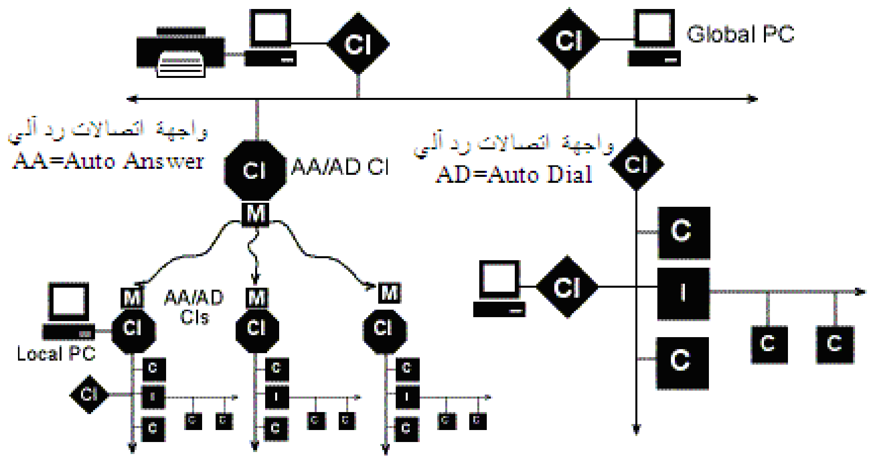


الشكل (١٥): المكونات المشتركة واجهة اتصال مع شبكة انتخاب ثانوية.

- **البنية الهندسية لنظام الرد الآلي/ الحوار الآلي:**

تستبدل واجهة الاتصال المخصصة في نظم الرد الآلي/ الحوار الآلية، أي تدخل خطوط الهاتف والمودم ضمن المخطط الهندسي القياسي، وتدمج هذه الواجهات بالمودمات الداخلية أو تستخدم مودمات خارجية، وتستخدم ترتيبات الرد الآلي/ ترتيبات الحوار الآلي لتزويد المراقبة والدخول إلى الأبنية البعيدة، لأن طرق توزيع الأسلاك مباشرة تقليدية وغير عملية، وحيث أن المراقبة المركزية للموقع مرغوبة؛ أو حيث أن التداول عن بعد في المتحكمات مرغوبة.

يمكن أن تعبر المعلومات والبيانات إلى ومن الطبقة العليا لواجهة الاتصالات المركزية (الشكل ١٦).

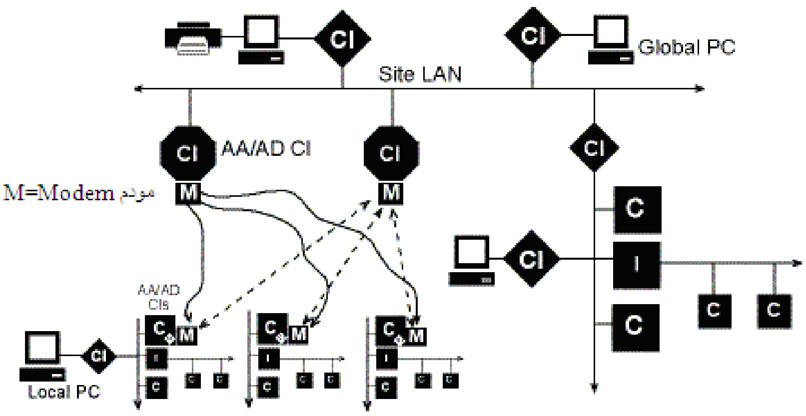


الشكل (١٦): البنية الهندسية لنظام الرد الآلي/ الحوار الآلي.

تستعمل الـ LANs المتعددات لإبقاء تجمعات الأجهزة، أو لفصل المتحكمات إلى مجموعات محددة.

- **دعم شبكة الاتصالات المحلية الحوارية المتعددة:**

تملك المواقع المحلية القدرة لاستدعاء واجهة اتصالات بديلة، إذا كانت الأساسية غير متوفرة (شكل ١٧).



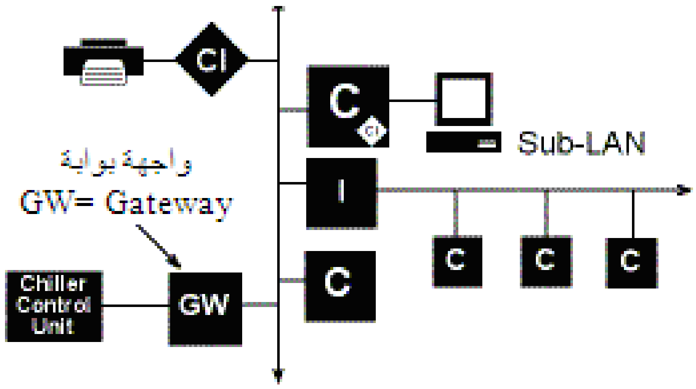
الشكل (١٧): دعم شبكة الاتصالات المحلية الحوارية المتعددة.

٤. الاتصالات COMMUNICTION :

يتطلب الاتصال بين جهازين مختلفين برتوكول مشترك، وسرعة اتصال واحدة، وتشكيل معطيات معروفة.

واجهات الطرف الثالث:

في العديد من التركيبات، يرغب في إقامة نظام للاتصالات بين الأبنية المستقلة التي تستخدم نظام DDC، مثال نظام DDC للبناية مستقل ونظام DDC للتبريد مستقل أو نظام DDC للتهوية (الشكل ١٨) في هذه الحالة يتطلب إقامة الاتصال بين النظامين واجهة أو بوابة، وهذا يتوجب إقامة برتوكولات خاصة مختلفة سرعة الاتصال وتهيئة البيانات.



الشكل(١٨): واجهة الطرف الثالث.

تعبر البوابة أو الواجهة عن برتوكول بين نظامين مستقلين، حيث أن العملية الصحيحة للبوابة معتمدة على الاستعمال والمراجعة المستمرة للمستويات المعينة للبرامج على كلا النظامين، وهذا يتطلب دعم نموذجي للمنتج في المستوى المتعلق بالشركات للتطبيق والتعاون بين المنتجين. إضافة إلى ذلك، يمكن أن تتفاوت الكلف على نحو واسع.

٥. البرتوكولات Protocols:

في عالم DDC هناك ثلاث تصنيفات للبرتوكولات: برتوكول مغلــق وبرتوكــول مفتــوح وبرتوكــول قياســي. البرتوكول المغلق هو برتوكول مستقل يستخدم من قبل منتج أجهزة معين، ويستخدم نظام البرتوكول المفتوح مــن قبل أي شخص وهو متوفر، لكن غير معتمد من قبل منظمة المعايير الدولية، والبرتوكول القياسي برتوكول متوفر ويستخدم من قبل أي شخص، وهو منشأ من قبل منظمة المعايير.

الأنظمة المفتوحة Open Systems:

يعرف النظام المفتوح بأنه النظام الذي يسمح للمكونات من منتجين مختلفين بالتعايش على نفــس الشــبكة، وهــذه المكونات لا تحتاج إلى بوابة للاتصال مع بعضهم البعض ولا تتطلب محطة فرعية لمنتج معين لرؤية البيانــات، وهذا يسمح لأكثر من منتج بتلبية تطبيق معين.

لا يضمن بأن يكون نظام الــ DDC نظام مفتوح باستخدام برتوكول مفتوح أو قياسي فقط. فمن الممكن أن يكون عند منتج القدرة لاستخدام البرتوكولات المفتوحة أو القياسية، ورغم ذلك يحصل عنده نظام مغلــق، هــذا يحــدث باعتماد مالك البناية على منتج وحيد، وهذا يؤدي أن تصبح سرعات الاتصال واحدة، والبيانات واحــدة ولا يعــود النظام مفتوحاً.

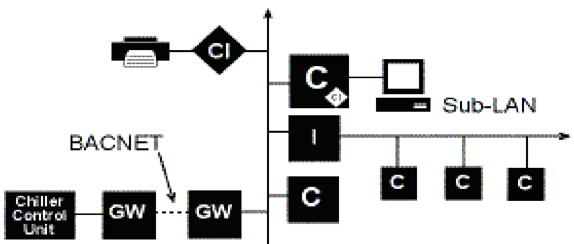
ملاحظة: مالك بناية أو المهندس يجب أن يبحث بشكل تام عن إدعاء منتج بأنه نظام مفتوح.

٦. شبكات التحكم في الأتمتة المركزية لمنظومات البناء: Building Automation and Control Networks (BACNet):

BACNET هو برتوكول قياسي يتوفر فيه مجموعة مواصفات نشر من قبل منظمة المعايير (اتحــاد مهندســي التدفئة والتبريد والتكييف الأمريكي) (ASHRAE) American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

BACNET: هو معيار معقد نسبياً يُحدد مستويات مختلفة من الالتزام بتطبيق هذا البرتوكول، وقد لا يعطي البائع أو قد لا يدعم المستوى المطلوب لتطبيق معطى، بعبارة أخرى، يمكن أن يجمع البائع مستوى منخفض جــداً مــن الالتزام و BACNet متوافق. والسؤال الرئيس "ما هو المستوى المطلوب؟".

توصل وحدة التحكم بالتبريد DDC مع نظام DDC للبناية إذا كان لكل واحد بوابــة BACNet و PICS لهــم كثير (الشكل ١٩).



الشكل (١٩): بوابات BACNet

الأنظمة الأكثر انتشاراً Overlay Systems:

النظام الأكثر انتشاراً هو عبارة عن محطة عمل راقية تتصل مع نظم EMS خاصة لعدة منتجين، ويجهز النظام بسواقات لـــ "Talk" تخدم نظم مختلفة، ومن المهم أن يكون لدى الباعة علاقة تعاونية وتحكم صحيح للاستخدام الناجح والدائم.

تعرض محطة العمل الفرعية البيانات النموذجية، ويسمح لدليل التحكم و النقطة المرجعية (Setpoint) بـــالتغيير، وتعالج التحذيرات والرسائل.

:LON

أنتجت شركة ECHELON برتوكولاً مفتوحاً يستعمل معالج ومجموعة Transceivers قياســية، التـــي تســمح للمكونات من المنتجين المختلفين للتعايش على نفس شبكة الاتصالات المحلية، وهذا البروتوكول متــوفر ويــدعى LON TALK، وهي رقاقة وحيدة مطلوبة لأي جهاز يستخدم LON، وأسست هياكل الشبكة القياسية المتغيـــرة لنقل البيانات من جهاز إلى آخر بغض النظر عن الأصل.

في الوقت الحاضر يتنافس مختلف الباعة لأن يحصلوا على معيار Defacto لتركيب قاعدة بيانات الشبكة، حيــث أن قاعدة بيانات الشبكة عبارة عن خريطة المكونات وعلاقة البيانات والتحرك بينهما.

تحتاج محطة المشغل الفرعية هذا التركيب لرؤية البيانات، وإن مجهزو البرامج الذين يزودون محطـــة التشـــغيل الفرعية بالبرامج قد يكونون غير معتمدين من قبل مقدمي البرامج لتركيب قاعدة البيانات تسويق EMS.

– الأبنية المؤتمتة الذكية (الأبنية الخضراء) Automatic and Intelligent Building (Green Building)

يمكن أن يساعد نظام أتمتة البناء في الأبنية المكتبية على التقليل من استهلاك الطاقة وتوفير الراحة الداخلية، مما يجعله أداة ثمينة لأي تصميم ذكي وحر، ويساعد على ضمان أن يبقى البناء ذكياً لفترة طويلة بعد الإنشاء ويحسن من مردود الطاقة وعمليات الراحة الداخلية طوال عمر البناء إذا تم دمجة بشكل صحيح إلى أجهزة البناء. وهذه العمليات تعود بالمنفعة على تقليل التأثير البيئي للبناء، وتقليل اليد العاملة وتكاليف الصيانة، و يزيد الاحتفاظ بمعدلات الإنتاج، وحتماً يرفع من عمليات الاستثمار.

حقاً إن أي بناء ذكي هو بالضرورة بناء أخضر، حيث أن الأجهزة تعمل بكفاءة عالية والمحددة لها، وتتم زيادة كفاءة الطاقة بطريقتين ــ بالسيطرة على استخدام كمية الطاقة، وبمراقبة استخدام الطاقة.

اليوم يمكن أن يحسن في أغلب الأحيان نظام أتمتة البناء من أداء البناء بضمانة أن جميع الأنظمة تعمل سوية لإنجاز الكفاءة القصوى، وتستخدم مراقبة طاقة الأبنية للتأكد من أن جميع الأجهزة تعمل كما يجب. طبعاً يمكن أن يتعقب نظام أتمتة البناء الاستهلاك اليومي للكهرباء وينبه المشغل إذا كان الاستهلاك خارج المجال الطبيعي.

– قصور نظم أتمتة الأبنية في الوضع الحالي Limitation of Building Automation Systems

ليس لنظام أتمتة البناء عمق في التاريخ فعمره لا يتجاوز الخمس وعشرون سنة وهذا ما جعل التحكم بالأبنية التقليدية ملغى وغالي الثمن ولذلك عند عرض تطبيق نظام أتمتة البناء فإنه يتعرض إلى العديد من التحديدات من الجانب

الاقتصادي وعمليات التصميم والإدارة، ويمكن تلخيص هذه التحديات بالتالي [8]:

العوامل الاقتصادية: ما يزال نظام أتمتة البناء محدوداً نتيجة لكلفته العالية وكمية وتعقيد النظم الفرعية.

احتياجات نظام أتمتة البناء: نتيجة الحاجة لمكاملة النظم الفرعية في البناء يجب البحث ومناقشة الوظيفة الجديدة وتفهمها لضمان تطبيق ناجح لنظام أتمتة البناء في تصاميم الأبنية الجديدة.

تناسق النظام: من المهم أثناء مرحلة التصميم تنسيق وظائف الأجهزة الصلبة والبرامج الحاسوبية، وطبعاً لن ينجز الهدف المقصود من النظام بدون تنسيق مكوناته.

ترتيب الإدارة: عند المعالجة يجب تحديد طرائق تشغيل البناء وعناصره وهذا لم يتم إلا متأخراً.

التدخل المبكر: يجب أن يتماشى مصمم نظام أتمتة البناء مع عمليات تصميم البناء لتحديد المزايا المحتملة لنظام أتمتة البناء والتي يمكن وضعها بالكامل.

التكامل: يجب أن يعمل كلاً من تحديد الخصوصية والتفاعل المطلوب بين الأنظمة الفرعية للبناء لتأمين تكامل ناجح بينهم. ويجب أن يكون كلاً من التصميم والإدارة أيضاً أجزاء فعالة في هذا التكامل.

الأعمال النوعية: إن اختيار نظام أتمتة البناء بنوعية جيدة مع تأمين صيانة نوعية ضروري للبناء.

الإسناد التاريخي: يجب أن يعطى تصميم نظام أتمتة البناء معلومات عن نماذج تطبيقات سابقة والمراجع وقصور الصيانة أو المشاكل خلال عمر البناء للخروج بقرار صحيح وعدم الوقوع بنفس الأخطاء.

– تدابير وإجراءات الحكومة في الجمهورية العربية السورية حول استهلاك الطاقة والبيئة:

يشغل موضوع التدفئة والتبريد الجزء الكبير من اهتمام الناس، لاسيما بعد التغيرات المناخية الكبيرة التي شهدها العالم من ارتفاعات في درجات الحرارة خلال شهر الصيف، وانخفاض كبير في الشتاء، وهي تغيرات لعبت فيها الإنشاءات الحديثة والتعمير الإسمنتي الدور الكبير بسبب ضعف قدرة هذه الأبنية على الاحتفاظ بالحرارة، وحاجة أصحابها لاستهلاك الكثير من الطاقة لتأمين مستلزماتهم من التدفئة والتبريد.

فبعد أن كانت المنازل القديمة تتصف بقدرتها على الاحتفاظ بجو معتدل طيلة أيام الفصل من خلال المواد الطبيعية المستخدمة في البناء، أومن خلال التنظيم أثناء إنشاء الأبنية، وهو أمر معاكس تماماً لما هو عليه الوضع اليوم من اكتظاظ في الأبنية وتلاصق غير مدروس، فضلاً عن مواد البناء الحديثة التي تسهم في تهريب الحرارة في الشتاء، وفي ارتفاعها صيفاً، لدرجة تحولت فيها الأماكن التي كانت تشتهر باعتدال حرارتها صيفاً، إلى مستهلكة للكهرباء.

لا يخفى على أحد أن الحركة العمرانية الواسعة التي شهدتها سورية في العقود الثلاثة الأخيرة انتشرت خلالها الأبنية الحديثة بمختلف أنواعها، وقد ترافق ذلك مع زيادة ملحوظة في استهلاك الوقود والطاقة الكهربائية لأغراض التدفئة والتكييف، وبهدف تخفيض التنامي المتسارع للطلب على حوامل الطاقة، وحماية البيئة من التلوث الناتج عن انبعاثات الغازات الدفيئة نتيجة لحرق الوقود الأحفوري، ولتحقيق متطلبات الارتياح الحراري في الأبنية، بات من الضروري وضع تشريعات خاصة بالأبنية تعمل على تطوير أساليب البناء وتحسين الخصائص الحرارية للعناصر الإنشائية والنوافذ والأبواب، والاستفادة من الطاقة النظيفة والمجانية للشمس، وقد قام المركز الوطني لبحوث الطاقة في وزارة

الكهرباء بالتعاون مع الجهات المعنية بإعداد "كود العزل الحراري للأبنية في الجمهورية العربية السورية"، الذي يهدف إلى تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في الأبنية، وتحقيق متطلبات الارتياح الحراري للإقامة والعمل فيها طيلة فصول السنة.

موافقة مجلس الوزراء.

كان التوجه لدى المركز الوطني لبحوث الطاقة لإعداد كود العزل الحراري للأبنية، بإيجاد نظام فني يؤسس لطرق عزل الأبنية، بحيث يؤدي لخفض الطاقة اللازمة للتدفئة والتبريد، خاصة وأن موضوع التبريد بات ملحاً ويشكل هاجساً كبيراً، وفي نهاية شهر تشرين الثاني وافق رئيس مجلس الوزراء على كود العزل الحراري للأبنية الذي أنجزه المركز وأوعز إلى جميع الجهات العاملة بالبناء اعتماد المتطلبات التصميمية الواردة في الكود والعمل بموجبه ابتداء من 1/1/2008 مع الإشارة إلى ضرورة إرفاق كل رخصة بناء بدراسة العزل الحراري لتنفيذها في معرض إنشاء البناء. وإن القرار الذي صدر من مجلس الوزراء سيتم تطبيقه في البداية على الأبنية الجديدة التي تقدر بحوالي 130 ألف مسكن نظامي، حيث سيتم التوجه إلى وزارة الإدارة المحلية والبلديات بعدم منح أي رخصة بناء جديدة ما لم ترفق الدراسة الإنشائية المعمارية لأي بناء جديد بدراسة العزل الحراري، ولكن ستبقى المشكلة في البيوت غير المنظمة.

وبالنسبة للمساكن القديمة أكد أن المشكلة تكمن ليس في خلق قانون ملزم لأن الأمر يتطلب قناعة الناس، وهو موضوع يحتاج لبذل جهد حتى يقتنع الناس بجدوى العزل واستخدامه، دون النظر إلى التكلفة التي قد يتكبدونها دفعة واحدة، لأن النظام الجديد فضلاً عن سماته المذكورة سيوفر لاحقاً في فاتورة استهلاك الكهرباء، لاسيما وأن الأسعار سترفع مستقبلاً وقد تمسي بالتسعيرة العالمية بالنسبة للكيلوالواط الساعي، وأن الزيادة في تكلفة البناء المقدرة مابين %(10-8) سيستردها صاحب المنزل من توفير مصروفهم الكهربائي خلال 10-8 سنوات بالنسبة للأسعار الحالية أو خلال سنتين، إذا اعتمدت الأسعار العالمية فيما بعد، وعن الوفر المحقق في حال تم تطبيق هذا الكود بأمانة فإنه سيسهم في توفير الحد الأدنى للطاقة، من 40 إلى % 60 من الطاقة اللازمة للتبريد والتدفئة، كما أن هذا النظام سيحقق ما يعرف بالارتياح الحراري في المنزل، بحيث تكون الحرارة في المنزل متوازنة ككل، وهذا العزل يمكن تحقيقه قبل بداية البناء أو بعده، ولكن يعتبر العزل الخارجي عن طريق المواد العازلة بين الجدران، ومن خلال أعمدة وبلوكات إسمنتية توضع المواد العازلة عليها، أما الأبنية القديمة فيمكن عزلها من خلال بعض الإضافات بوسائل العزل الداخلي التي تصنع داخل البيت من خلال وضع طبقة عازلة على الجدران أو النوافذ العازلة.

تصنع المواد العازلة للحرارة من مواد مختلفة، منها مواد تكونت في الطبيعة مثل الصخور البركانية الخفيفة الوزن كحجر الخفاف، والفيرميكيولايت، والبيرلايت المعالج بالحرارة، ومنها ما يغزل بوساطة الحرارة كالصوف الصخري، والألياف الزجاجية، ومنها ما يصنع من مواد كيميائية كالبوليستيرين، والبولي يوريثان.

وتتميز مواد العزل الحراري بكثافة منخفضة وبمعامل توصيل حراري منخفض نتيجة احتوائها على مسامات وفراغات مملوءة بالهواء أو الغاز)تتميز الغازات بشكل عام برداءة التوصيل الحراري(، وهي موزعة بأحجام وأشكال مختلفة في المادة حيث تشكل نسبة كبيرة من الحجم الكلي للمادة.

يتم تصميم الأبنية حرارياً باختيار الظروف الأكثر حرجاً من حيث درجات الحرارة التصميمية وخلافها، إلا أنه من المعروف أن مثل هذه الظروف ليست ثابتة طوال الوقت، فهناك اختلاف بين درجات حرارة النهار ونظيرتها في الليل، كما أن هناك اختلافاً في درجات الحرارة بين يوم وآخر، وشهر وآخر، وينتج عن هذه الظاهرة عدم الحاجة إلى تشغيل أجهزة التدفئة والتكييف بشكل دائم مستمر، وإنما تشغل وفق الحاجة، كذلك، وحتى في حالة التشغيل المستمر فإن الأجهزة سوف تتوقف عن العمل آلياً لفترات محددة وفقاً لتعليمات أنظمة التحكم الموجودة ضمن شبكات تزويد الطاقة وتوزيعها.

يلعب التصميم الحراري الجيِّد للأبنية دوراً رئيساً في تخفيض الأحمال الحرارية لأنظمة التدفئة والتكييف، وبالتالي تخفيض استهلاك الطاقة، وتخفيض التكاليف التأسيسية لتلك الأنظمة وما تتطلبه من تكاليف تركيب وصيانة دورية.

دلت الدراسات المنجزة على كافة القطاعات المستهلكة للطاقة أن استهلاك أنظمة التدفئة والتكييف من مختلف حوامل الطاقة لعام /2005/ يقدر بحوالي /4/ ملايين طن نفط مكافئ، مع العلم أن الاستهلاك الكلي لحوامل الطاقة في القطر قدر بحوالي /21/ مليون طن نفط مكافئ لنفس العام.

مشيرين إلى أنه في حال استمرار الطلب على حوامل الطاقة بنفس المنحى حتى عام 2025 سيصل الطلب الكلي على مختلف حوامل الطاقة إلى حوالي /50/ مليون طن نفط مكافئ منها حوالي /12.5 /مليون طن نفط مكافئ تستهلك لأغراض التدفئة والتكييف، مع العلم أنه يمكن توفير حوالي (% 60) من هذه الكمية عند تطبيق تقنيات العزل الحراري في الأبنية بشكل عملي.

وضمن هذا التصور يظهر الأثر الكبير لتنفيذ مضمون هذا الكود وتطبيقه على كافة الأبنية الحديثة لتحقيق وفورات تساعد في مواجهة نمو الطلب المستقبلي على الطاقة.

يعتبر الارتياح الحراري وتأمين الجو الصحي المريح من أهم الأهداف التي يسعى إليها التصميم الحراري للبناء. ويعرَّف الارتياح الحراري بأنه الحالة الذهنية التي يشعر فيها الإنسان بالرضا والنشاط في البيئة الحرارية المحيطة به ويتحدد مستوى الارتياح بمجموعة من العوامل المؤثرة على الحالة الفيزيولوجية للإنسان في الحيز الذي يعيش فيه، حيث يصبح الشخص في حالة ارتياح حراري إذا كانت معدلات الطاقة التي ينتجها الجسم بما يتناوله من غذاء أو ما يسمى بالتفاعل الحيوي تعادل تلك التي يفقدها في الجو المحيط، ويعبر عن هذه الحالة أيضاً بالاتزان الحراري.

بالاطلاع على التجربة العالمية في هذا المجال فقد بدأت دول كثيرة منذ السبعينيات بوضع مواصفات لتحسين الخصائص الحرارية للأبنية الجديدة، بما يؤمن شروط الارتياح الحراري الأفضل للإنسان وبما يؤدي إلى توفير استهلاك الطاقة.

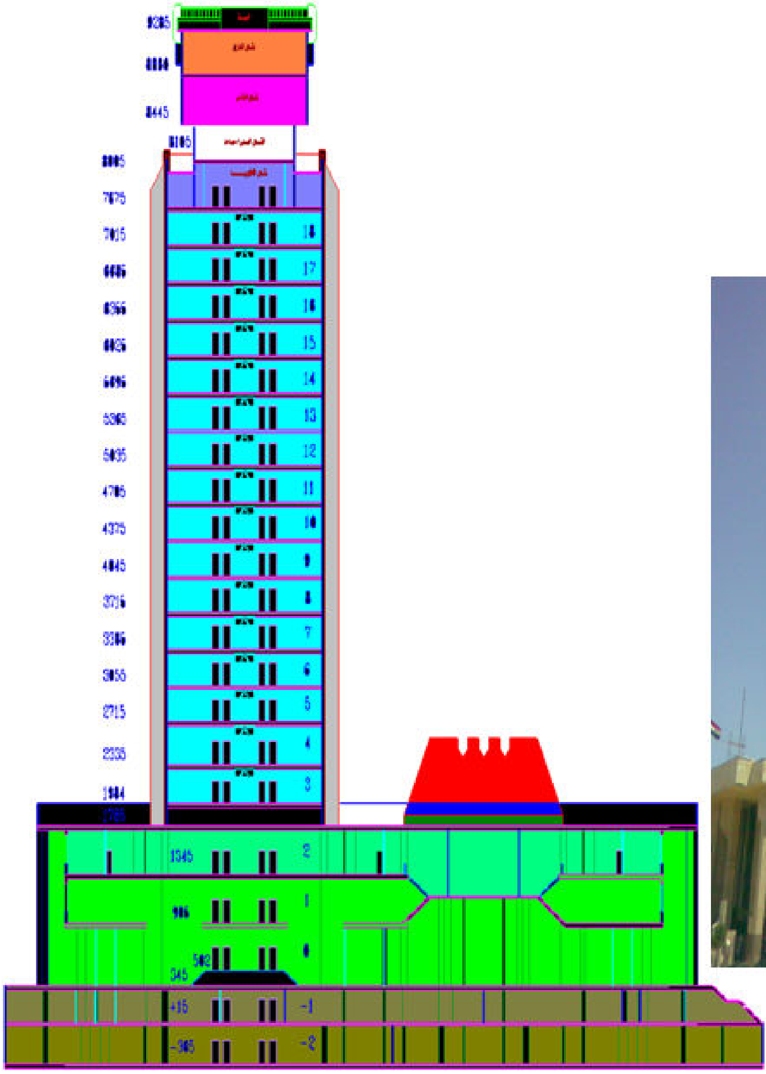
تمكنت بعض الدول من إنشاء أبنية دون الحاجة إلى تدفئة أو تكييف في أميركا وألمانيا من خلال إنشاء أبنية معزولة تماماً.

ــ مجمع البلدية بحلب:

يعتبر مجمع البلدية بحلب من الأبنية الرائدة في مدينة حلب، ويحتاج إلى نظام BMS (الشكل ٢٠):

معلومات عامة عن مجمع البلدية بحلب:

يبين الجدول (ج) والشكل (٢١) معلومات عامة عن مجمع البلدية بحلب.

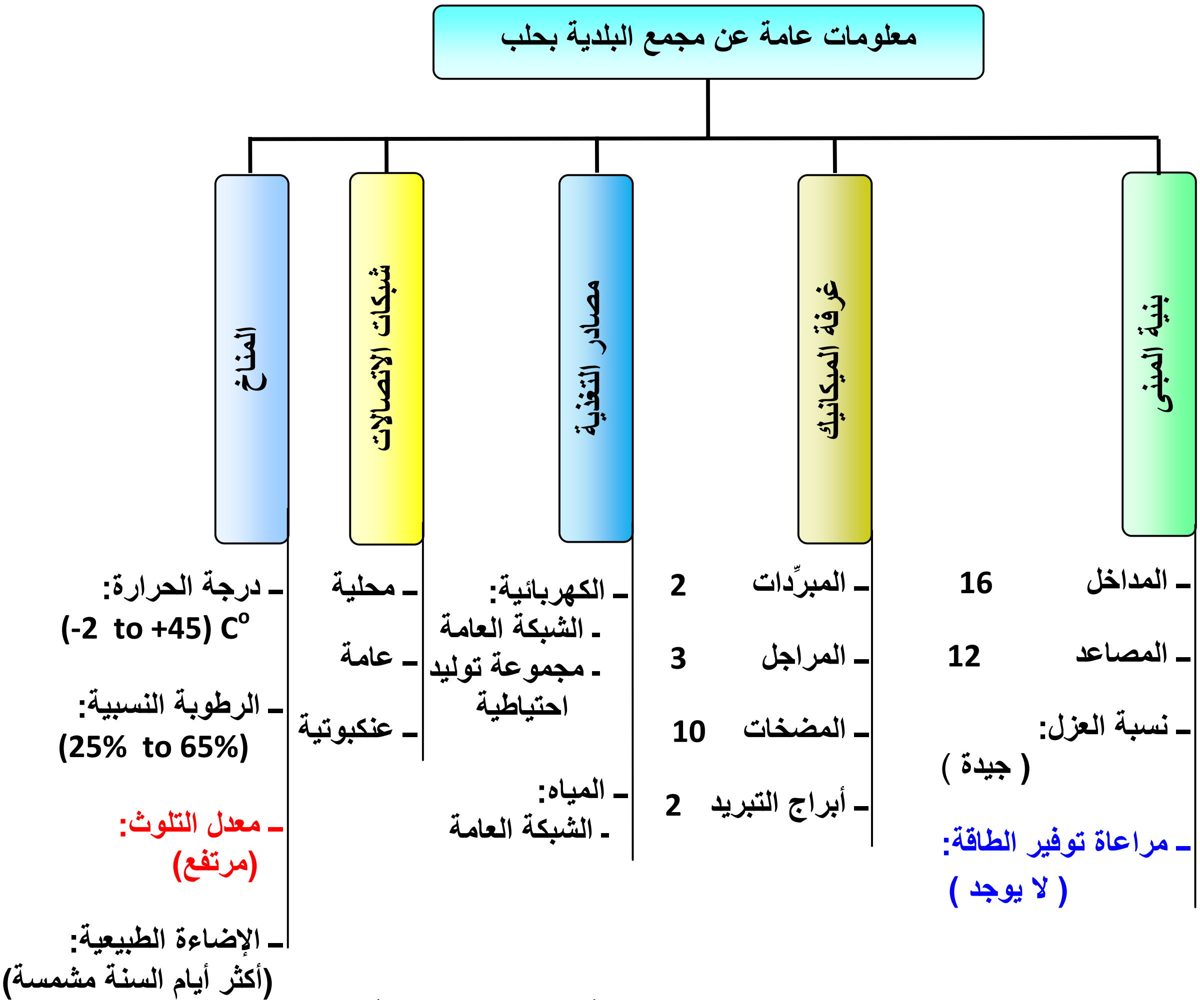




الشكل (٢٠): منظر لمجمع البلدية بحلب والشكل التخطيطي له.

الجدول (ج): معلومات عامة ١ عن مجمع البلدية بحلب.

الطابق المواصفات	عدد المواقع	المكاتب والصالات	مراوح سحب الدخان	دورات مياه	جهاز Fan Coilأرضي	جهاز Fan Coil سقفي	وحدة معالجة هواء
باركينغ محطة –٢	٦	٢					
باركينغ محطة –١	٦	٢					
باركينغ جديد –٢	١٠	٤	٥				
باركينغ جديد –١	١٠	٤	٥				
باركينغ –٢	٣٠	٧	١٠	٤		٤	
باركينغ –١ (الخدمات)	٥٥	٣٨	١٠	٤	٢٢	٤	
الطابق الأرضي	٦٤	٩	–	٦	١٠٨	٨	٢
الطابق الاول	٧٥	٢٨	–	٦	١٠٨	٤	٤
الطابق الثاني	٧٢	٢٨	–	٦	١٠١	٤	٤
الطابق الثالث (المعرض)	١٠	٤	–	٢	١١	٢	٢
الطوابق ٤ ــ ١٨	٢٤	١٦	–	٢	٣٢	٢	–
الكافتريا	٧	–	–	٢	–	٢	Roof Topعدد ١
ميكانيك المصاعد	٣	–	–	–	–	٢	
المطعم	٨	٢	–	١	–	٢	Roof Topعدد ١
المجموع	٦٥٢	٣٦٨	٣٠	٦١	٨٣٠	٦٢	١٢



الشكل (٢١): معلومات عامة٢ عن مجمع البلدية بحلب

– **الخلاصة:**

يجب الاستفادة من تجارب الآخرين في مجال أتمتة الأبنية للاختيار الصحيح للنظم والتجهيزات التي تناسب مشروعنا، واعتماد البرامج والتجهيزات الحديثة التي تعطي فاعلية أعلى في الاستثمار والصيانة ومدة العمر.

وبما أن هذا النوع من المشاريع يخدم توجه الحكومة في الجمهورية العربية السورية والحكومة تدعمه فهذا يعتبر فرصة لتطوير هذا الاتجاه وإيجاد نظم وطرائق جديدة خاصة ببلدنا تلاءم المناخ والبيئة الاجتماعية والحالة الاقتصادية وخلق بيئة بشرية معرفية متقدمة تتماشى مع الحداثة والتطور وتتعرف على أهمية كل قطرة ماء وكل كيلوواط ساعي.

إن استخدام المنطق العائم في التحكم بعمل تجهيزات المبنى الخدمية يعطي سمات إضافية لنظم التحكم من حيث سرعة التصميم وتطويره وتقليل الحسابات الرياضية وتقليل حجم الذاكرة المخصص للمتحكم الدقيق (Microcontroller) وتقليل الكلفة، مما يجعله مفضلاً على النظم التقليدية، .

الفصل الأول

دراسة تجهيزات ومتطلبات تركيب نظام إدارة مؤتمت (BAMS) خاص بمنظومات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC)

Study of Devices and Requirements to Installing BAMS for HVAC

١-١ مقدمة:

١-١-١ عموميات:

يعتبر المجمع البلدي في حلب من أضخم المباني في المدينة ويحتوي على عدد ضخم من التجهيزات الخدمية (وحدات معالجة هواء متنوعة الاستخدام والأداء، ومنظومة تأمين الماء البارد، ومنظومة تأمين ماء التدفئة والماء الساخن، ووحدات الـــ Fan Coil، ووحدات سقفية علوية، وتجهيزات إنارة، ومنظومة إنذار عن الحريق، ومصاعد، ووحدات تغذية احتياطية).

حيث يتم التحكم بهذه التجهيزات بشكل تقليدي باستثناء المصاعد التي تحوي على برنامج خاص للتشغيل والمراقبة.

إن الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية جعل التوجه إلى أتمتة هذه التجهيزات ضرورياً جداً وذلك بوضع برامج أتمتة تتلاءم مع جميع أنواع التجهيزات المتشابهة الأداء من شركات إنتاج مختلفة، واعتماد متحكمات رقمية مباشرة Direct Digital Controllers(DDC) مبنية على معالج دقيق (Microprocessor) للتحكم بهذه التجهيزات مركزياً.

لفهم نظام التحكم الرقمي المباشر يجب علينا فهم حلقة التحكم الأساسية، حيث أن معظم فنيي التحكم في HVAC يستخدمون حلقة التحكم الأساسية لحل مشكلاتهم وفهم خوارزميات التحكم المعقدة، لهذا نحن بحاجة لثلاث أمور رئيسة في الـــ DDC :

جهاز الدخل أو الحساس أو أداه ما. والدخل يمكن أن يكون تشابهي أو رقمي (Analog or Digital) . لهذا فنحن بحاجة لقياس درجة الحرارة أو التدفق أو أي متغير آخر وجمع البيانات، إن إشارات الدخل في أنظمة البناء المتطور تقيس كمية المتغير في الوسط المتحكم به مثل حساس قياس كمية الدخان أو حساس حدود درجة الحرارة العليا والدنيا. وان إشارات الدخل بشكل عام هي: درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، والتيار والاستطاعة وتدفق الماء أو الهواء..الخ.

١- المتحكم الـــ DDC ويستخدم لمعالجة البيانات حسب ترتيب منطقي أو برمجي معين. في هذه الخطوة يقوم المتحكم بمعالجة المعلومات القادمة من جهاز الدخل بالاعتماد على خوارزمية معينة و من ثم إرسال إشارة خرج لاتخاذ فعل مناسب إذا كان ذلك ضرورياً، وهذا يحتاج لأسلاك نقل إشارات التحكم لربط أجهزة الإدخال مع المتحكمات. يمكن للمتحكم أن يستقبل إشارات دخل من

متحكمات بعيدة وكذلك إرسال إشارات أو تعليمات خرج إلى متحكمات بعيدة أخرى. وفي الحقيقة إن هذا يعتمد على البرنامج والنظام المركب بشكل عام في خوارزميات نظام البناء المتطور.

٢- إن الأداة الفعلية التي تتحكم بالوسط بالاعتماد على الدخل الذي يتم تغذيته إلى المتحكم تقوم بفعل تعديل البرنامج حسب المتغيرات، وإخراج أمر ما عن طريق أداة التحكم أو مشغل وأدوات الإخراج التي يمكن أن تكون مشغل أو مخمد(Damper or Actuator)، ومشغلات صمامات، وحاكمات (كهربائية هوائية أو هوائية كهربائية) محركات متعددة السرع والتردد، ضواغط، منافيخ هواء، و مضخات.

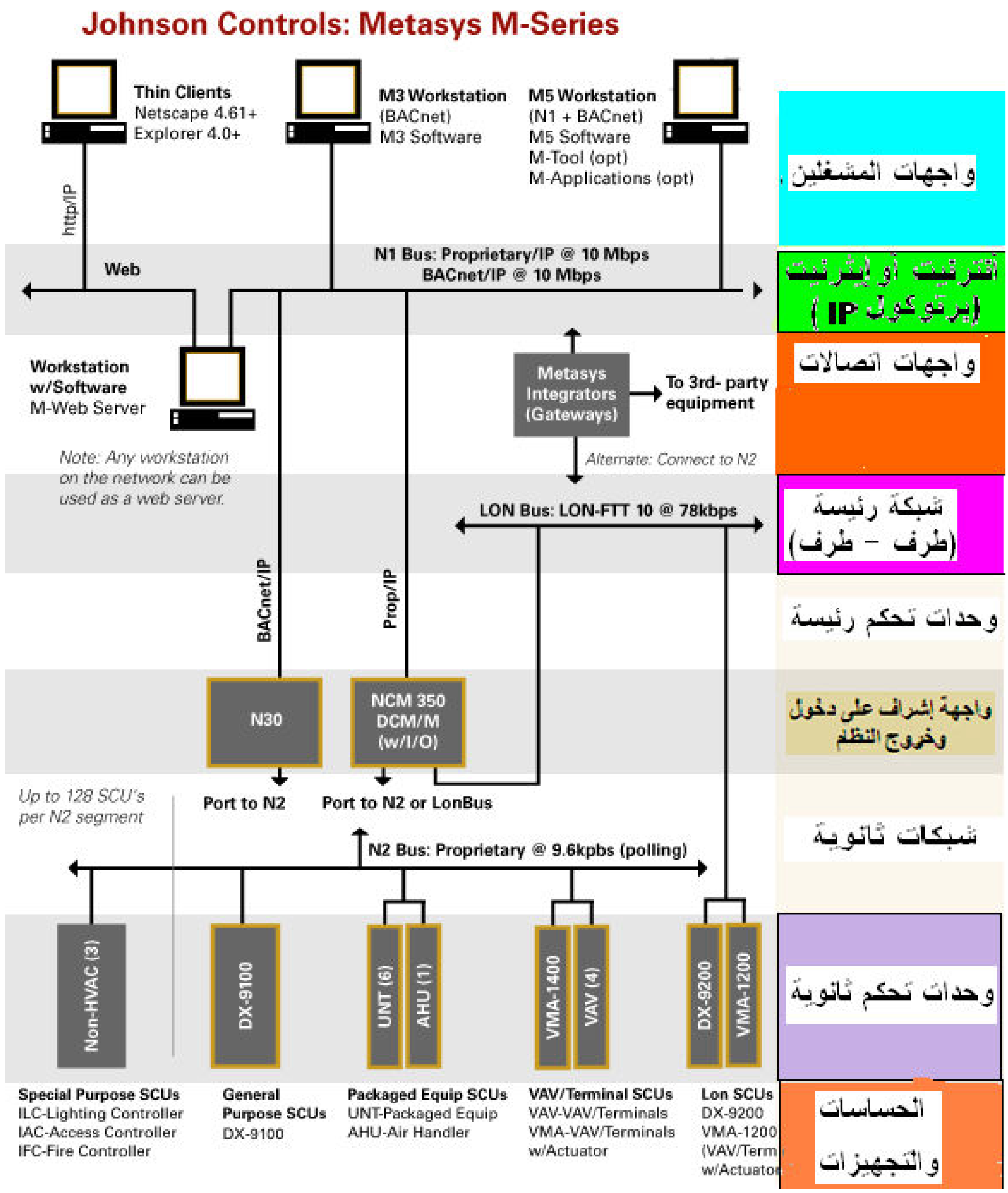
١-١-٢ تصميم BMS:

يعتبر التصميم الحالي تصميماً عاماً لكافة التجهيزات ويخدم بشكل مباشر التجهيزات المركبة في المجمع البلدي بحلب (حالة دراسية). إن تجهيزات التصميم المقترح عامة ولا تختص بشركة معينة، مع الأخذ بالاعتبار اقتراح أفضل تجهيزات الـــ BMS المتوفرة في السوق حالياً، والتي يجب أن تفي بالمعايير العالمية لنظام الـــ BMS والبرتوكولات ANSI/ASHRAE Standard 135-2001 BACnet, LONWORKS.

١-١-٣ أدوات BMS التنفيذية:

يقترح أن تكون أدوات BMS التنفيذية مصنعة من قبل إحدى الشركتين Johnson Controls, Inc (JCI) أو Siemens Building Technologies, Ltd (SBT). حيث أن الشركتين تستخدمان أدوات شبكة اتصالات موزعة، وفيما يلي أدوات JCI (الشكل ١-١) [7, 8, 9]:

١. برامج محطات عمل المشغل Metasys الفرعية Operator Work Station (OWS) تعمل على نظام التشغيل Microsoft Windows XP والأنظمة المتطورة بعده والتي يعمل عليها الحاسوب الشخصي PC .
٢. مخدمات Metasys (Metasys Application Data Server (ADX)) تعمل على نظام التشغيل Microsoft Windows XP والأنظمة المتطورة بعده والتي يعمل عليها الحاسوب الشخصي PC ، حيث يعمل ADX كمخدم ويب في المخطط الموسع لـــ Metasys .
٣. لوحات التحكم الموزعة Distributed Control Panels (DCP's) والمتحكمات الخاصة بتطبيق معين Application Specific Controller (ASC's) تركب بالقرب من الأنظمة المنفذة عليها.
٤. برامج Metasys OWS يتم تركيبها على حاسوب نقال (laptop) كمحطة مشغل فرعية، حيث أن لمتحكمات JCI المختصة ببعض التطبيقات مأخذ إلى الحاسوب النقال والذي يعمل كواجهة اتصال.



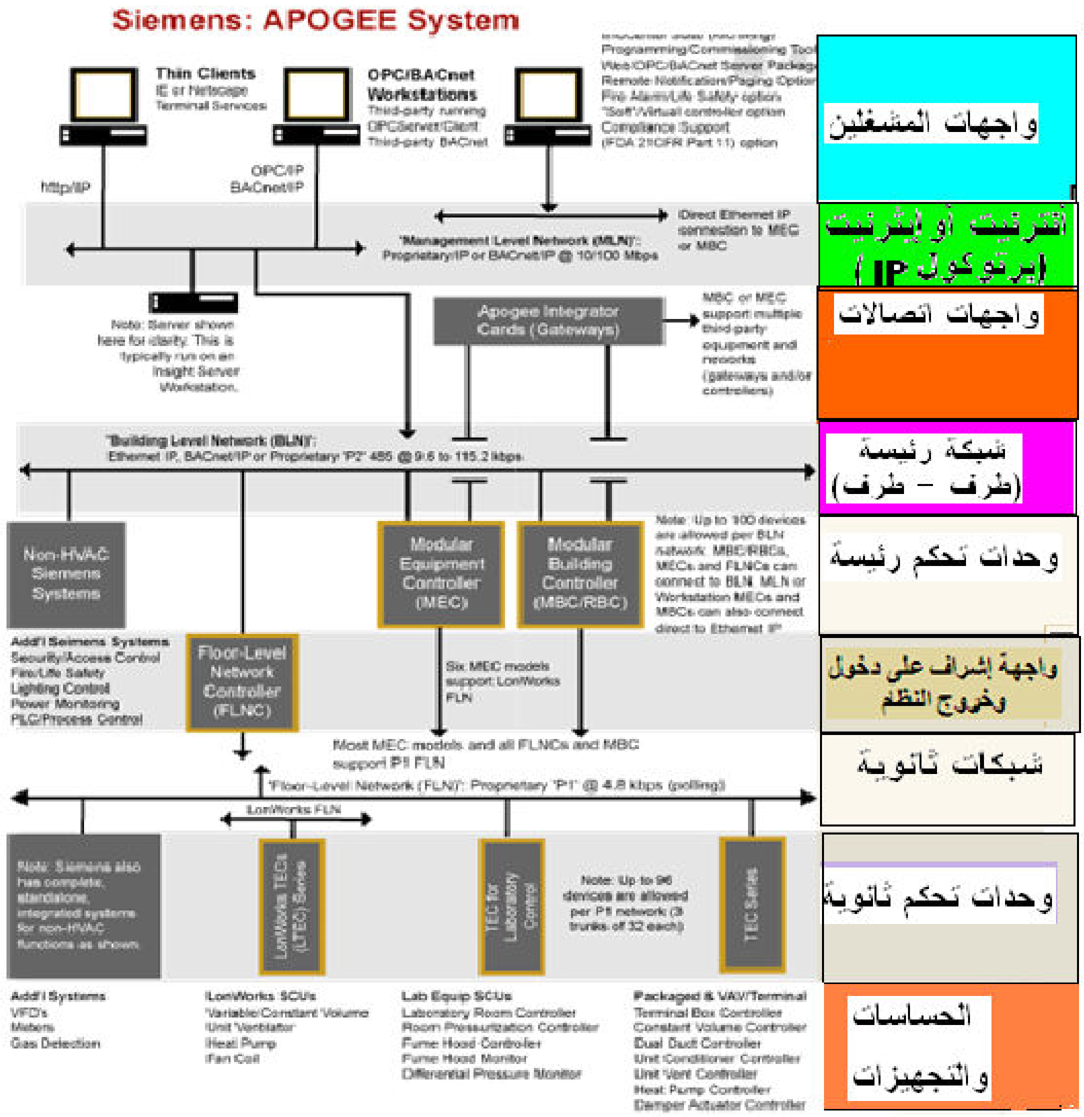
الشكل (١-١): البنية العامة لمنظومة وتجهيزات BMS – شركة جونسون Johnson .

أما أدوات Siemens Building Technologies, Ltd(SBT) (الشكل ١-٢)[7, 8, 9]:

١. حاسوب شخصي مخدِّم يعمل على نظام التشغيل Microsoft Windows Server 2003 والأنظمة المتطورة بعده.

٢. محطات مشغل فرعية ببرامج تعمل على نظام التشغيل Microsoft Windows XP والأنظمة المتطورة بعده.

٣. حاسوب نقال عدد أثنان مزودان ببرامج محاكاة وبرامج تطبيقية من أجل توصيل واجهة المشغل مباشرة مع DCP's و ASC's .



الشكل (١-٢): البنية العامة لمنظومة وتجهيزات BMS – شركة سيمنس Siemens.

١-١-٤ أدوات شبكة اتصالات BMS التنفيذية:

يستخدم كلاً من الـــ JCI Metasys BMS والـ SBT System 600 BMS أدوات اتصالات شبكية موزعة وبشكل عام إن أدوات شبكة اتصالات الـــ BMS تشمل ما يلي[8, 9, 10]:

١. اتصالات بيانات الـــ BMS لنظام JCI Metasys ضمن البناء:

- شبكة اتصالات محلية تدعى (N1 Bus) لاتصالات مستوى الأتمتة، من أجل اتصالات البيانات بين الـــ CCP's/DCP's والـــ OWS's المحلية (حيثما هي مطبقة) ضمن البناء، وتستخدم المنظومات اتصالات إما ArcNet أو Ethernet. وتخصص شبكات الاتصالات بمستوى أتمتة BMS ضمن البناء لمجموعات شبكة الـــ BMS ولا تشترك مع اتصالات بيانات المباني الأخرى.
- تخصص شبكة اتصالات المستوى الحقلي (N2 Bus) من أجل الاتصالات بين الـــ ASC's وبين الـــ DCP's والـــ ASC's أخرى.

٢. اتصالات بيانات الـــ BMS لنظام SBT System 600 :

- شبكة اتصالات محلية تدعى (شبكة البناء أو BUS P2) لاتصالات مستوى الأتمتة من أجل اتصالات البيانات بين الـــ DCP's والـــ OWS's المحلية (حيثما هي مطبقة). وتستخدم المنظومات شبكة اتصالات مصممة خصيصاً للنظام. تخصص شبكات الاتصالات الأساسية في الـــ BMS ضمن البناء لمجموعات شبكة الـــ BMS ولا تشترك مع اتصالات بيانات المباني الأخرى.
- تخصص شبكة اتصالات المستوى الحقلي P1 (تدعى الشبكة الأرضية) من أجل الاتصالات بين الـــ ASC's وبين الـــ DCP's و الـــ ASC's أخرى.

١-٢ تعليمات تركيب BMS.

١-٢-١ المتطلبات العامة لتركيب الـــ BMS:

يشير هذا القسم من تعليمات التصميم إلى المتطلبات الدنيا من تجهيزات الـــBMS المطلوب تركيبها ضمن البناء، والتي يجب على التصميم الإيفاء بها.

- يجب أن تكون كافة التجهيزات المركبة تلبي المعايير الصناعية الصحيحة مع الالتزام بالقوانين والأنظمة العالمية.
- يجب تقديم مواصفات مفصلة عن مكونات الـــBMS.
- يجب تحديد أماكن اللوحات المستقلة والموزعة والمتحكمات المستقلة.
- وهذه بعض التعليمات الخاصة بتجهيزات BMS:
  - أن تكون كافة الأجهزة جديدة.
  - أن تكون كافة الأجهزة موثقة من قبل المخبر الكندي أو الاتحاد الأوروبي وقابلة للتطبيق.
  - يفضل تماثل جميع المكونات (حساسات درجة حرارة، محولات، مرسلات، ألخ) من نفس المنتج لتجهيزات BMS.
  - كافة التجهيزات قابلة للتحكم وللمراقبة وقادرة على العمل في البيئة التي يجب تركيبها فيها.

- قابلة للتركيب ضمن لوحات، وهذه اللوحات يجب أن تلبي المتطلبات الدنيا التالية:
  - أن تكون اللوحات المعدنية مدهونة ولها باب يقفل بقفل المبنى القياسي.
  - قابلة للتهوية لطرد الحرارة منها.
  - وضع الأسلاك ضمن مجاري بين التجهيزات ومضمومة بمعكرونة خاصة عند المخرج من داخل اللوحة.
  - أن يسمح التركيب الداخلي للتجهيزات بالوصول السريع إلى التجهيزات من أجل الصيانة أو الإزالة أو التبديل.
  - أن تكون اللوحة مناسبة للمكان الذي تركب فيه.
  - ترقيم كافة التجهيزات والأسلاك والتجهيزات الكهربائية.
  - وضع كافة التحذيرات على باب اللوحة.
  - احتواء اللوحة على كافة الإنذارات القابلة للحدوث فيها.
  - أن تكون أبعاد اللوحة قياسية أي بعرض 560 مليمتر وارتفاع 600 مليمتر وعمق 18 مليمتر. ويجب أن تكون الحافة السفلية للوحة على ارتفاع 1200 مليمتر من أرضية الغرفة [8, 9].

١-٢-٢ متطلبات التركيبات الكهربائية لـــ BMS .

إن المتطلبات المتعلقة بالتجهيزات الكهربائية هي التالية:

- جميع التجهيزات تحمل الرمز الوطني للقطر، وخاضعة للقوانين والأنظمة.
- أن تكون جميع الأسلاك والكابلات الكهربائية ضمن مجاري، مع بعض الاستثناءات الخاصة.
- على أسلاك التحكم والمراقبة ذات الجهود المنخفضة الالتزام بالمتطلبات التالية:
  - جميع أسلاك وكابلات نقاط الدخول والخروج لـــ BMS وكابلات وأسلاك الاتصالات محمية، (بعض الكابلات أو الأسلاك لا تحتاج إلى حماية بسبب وقوعها في مناطق غير معرضة للتلف أو الصواعق).
  - عزل أسلاك وكابلات الجهود المنخفضة عن أسلاك وكابلات الجهود الأعلى.
- جميع التجهيزات مؤرضة وموصولة مع تأريض المبنى [8, 9].

١-٢-٣ اتصالات الـــ BMS :

يجب وضع خطين هاتفيين في موقع لوحة الـــBMS، وذلك لاستقبال البيانات حول مجموعة الأحداث في المبنى، وتوفير مخرج اتصالات هاتفية (عدد 2) عند كل موقع من الـــBMS DCP [10].

١-٣ تجهيزات الـــBMS.

١-٣-١ شبكة مستوى الإدارة:

تواجه شبكة مستوى الإدارة في الـــBMS المتطلبات التالية كحد أدنى:

١. اتصالات شبكة TCP/IP العنكبوتية، و CCP، وOIW، وNDS، وPOT، و المجمع البلدي، وبمعدل سرعة اتصالات تساوي 100Mbs أو أعلى.
٢. كافة الاتصالات خاضعة لبرتوكول BACnet و IP .
٣. الكابلات من التصنيف السادس أو أعلى ويتم اختبارها على معدل نقل بيانات 1 Gbps .
٤. يجب أن تكون تجهيزات الشبكة متكاملة مع شبكة الاتصالات العريضة للقصر البلدي.

١-٣-٢ شبكة مستوى الأتمتة لـــ BMS:

١)تواجه LAN لمستوى الأتمتة بالـــ BMS المتطلبات التالية كحد أدنى:
١. تنفيذ بروتوكولات BACnet IP ، و/أو BACnet MS/TP عن طريق EIA-485 .
٢. معدل نقل البيانات ونوعية البيانات عند متطلبات الإعلان عن إنذار.

٢)لن يتأثر تشغيل الـBMS بتعطل أي عقدة من LAN لمستوى الأتمتة عدا منع وظائف المراقبة والتحكم على OIW لهذه العقدة أو الأجهزة المتعلق عملها بهذه العقدة.

٣)عند تعطل أي عقدة لن تتأثر الاتصالات بين العقد المتبقية.

١-٣-٣ لوحات التحكم بالاتصالات(Communication Control Panels (CCP :

١)تكامل الـCCP مع الـBACnet: إن الـCCP عبارة عن برامج لمتحكمات قابلة للبرمجة على شبكة مستوى الإدارة ومغيِّر المسار (Router) بين شبكة مستوى الإدارة الـــBACnet/IP وشبكة مستوى الأتمتة الـــ BACnet/MSTP .

٢) تدمج الـCCP البرامج حسب ضرورة الاتصالات على شبكة مستوى الإدارة.

٣) يعلن تعطل أي CCP كإنذار على الـ BMS المبنى.

٤) تزويد أي CCP بساعة عمل المكونات الصلبة وبالزمن الحقيقي تقريباً.

٥) تسجل وتحفظ CCP تغير بيانات الحالة للجهاز، وأي حدث أو إجراء على BMS ، وبيانات الإنذار، والبيانات الشائعة في ذاكرة ضمن CCP، حيث تُحدَّث هذه البيانات آلياً لـــ BMS المبنى وخادم بيانات الشـــبكة، وفقاً للزمن المحدد للتحديث (عادة يتم التحديث كل 15 دقيقة)، وتحديث البيـــانات علـــى الذاكـــرة (عادة يتم التحديث في بداية أسبوع العمل) [10].

١-٣-٤ لوحات التحكم الموزعة (Distributed Control Panels (DCP:

١)إن الـDCP عبارة عن برامج متحكمات قابلة للبرمجة التي تنصب وتتصل عن طريق الـــ BACnet/IPعلى مستوى الإدارة و/أو عن طريق الـBACnetMS/TP على شبكة مستوى الأتمتة وتقديم واجهة عن طريق نماذج واجهة النقطة (Point Interface Modules (PIM إلى الآلات الحقلية وعناصر التحكم النهائية.

٢) يمكن استخدام الـDCP من أجل المراقبة والتحكم بأي جهاز بواسطة الـBMS. حيث تستخدم الـDCP المخصصة للمراقبة والتحكم بالتجهيزات التالية:

١. نظام ماء التبريد.
٢. أبراج التبريد.
٣. نظام ماء التسخين.
٤. وحدات معالجة الهواء.

٣) تتحكم الـDCP بالاتصالات الخاصة عند تعطل أي عقدة، أي تتحكم بأي PC مرتبط مع الحاسوب الخادم أو محطة العمل الفرعية، ولن تتوقف الاتصالات بين بقية العقد.

٤) تعتبر الـDCP واجهة لشبكة مستوى الإدارة عن طريق الـCCP.

٥) تنصب كافة البرامج التطبيقية وتسلسل التشغيل المرتبط معها في الـDCP.

٦) تزود الـDCP ببطارية وذلك لحماية الذاكرة المؤقتة لمدة لا تقل عن 72 ساعة.

٧) يمكن أن تكون واجهات للآلات الحقلية وعناصر التحكم النهائية من أجل:

١. تمكين الـDCP من استقبال الإشارات من الآلات الرقمية والتشابهية.
٢. تمكين الـDCP من إنتاج إشارات تحكم لعناصر التحكم النهائية.

٨) يعتمد التحكم على الخوارزميات الكلاسيكية الــ PID, PI,P ما لم يكن هناك خوارزمية تحكم خاصة (كما هو مقترح في بحثنا هذا الإعتماد على خوارزميات المنطق العائم).

١) إذا تعطلت أي الـCDP لن تؤثر على تشغيل بقية الـCDPs ، وستواصل الـUC's المشرف عليها من قبل الـCDP المعطلة عملها بالتحكم بالأجهزة طبقاً لحالة العطل المحددة، حيث أن المعلومات المستخدمة في الـ CDP أيضاً مستخدمة من قبل CDP أخرى [10].

١-٣-٥ المتحكمات المتكاملة (التي تعمل بمفردها) (Unitary Controllers (UC:

٢) هي عبارة عن متحكمات قابلة للبرمجة أو متحكمات بتطبيقات خاصة.

٣) تشكل الـUC عقدة على واحدة من الـLANs لمستوى الأتمتة، وتتحكم باتصالاتها الخاصة عند تعطل أي عقدة من عقد الشبكة، وعند تعطلها لن تمنع الاتصالات على الشبكة بين العقد البقية.

٤) يمكن أن تندمج متحكمات الـUC مع متحكمات التطبيقات المتقدمة BACnet Advanced Application Controller (B-AAC) و/أو المتحكمات الخاصة بتطبيق معين BACnet Application Specific Controller (B-ASC)على نفس مستوى الأتمتة.

٥) إن الـUC مستقلة كلياً عن عقد الـLAN الأخرى بوظيفتي المراقبة والتحكم.

٦) يزود كل UC ببطارية أو EEPROM للمحافظة على الذاكرة لمدة 72 ساعة كحد أدنى.

٧) تنصب كافة برامج التطبيقات على UC.

٨) يعتمد التحكم على الخوارزميات الكلاسيكية PID, PI,P ما لم يكن هناك خوارزمية تحكم خاصة.

٩) يوضع UC بشكل أساسي للمراقبة والتحكم بوحدات BMS الانفرادية مثل الوحدات الطرفية VAV ، ووحدات الـــ Fan Coil، والوحدات العلوية السقفية،... ألخ. ففي حال تعطل أي واحد من UC فلن يؤثر على عملية المراقبة والتحكم في BMS على الوحدات الأخرى [7, 9].

١-٣-٦ مشغلات الصمامات والمخمدات:

١)مشغلات الصمامات الكهربائية [8, 9, 11]:

يجب تزويد الصمامات التي تعمل مع الـ BMS بمشغلات كهربائية حتى يتم التحكم بها أو مشغلات هوائية لصمامات البخار.

١. المشغل عبارة عن نوع من المحركات المقادة، وجذع الصمام قابل للتعديل بزيادة 1% أو بالنقصان من المسار الكامل للجذع.
٢. للمشغل ساحب مسنن ذاتي، ومفاتيح حساسة لتحديد التوقف وضبط المسار الميكانيكي ومجهزة بتماسات كهربائية معزولة.
٣. يجب أن يكون الترس المسنن للمشغل مصنوعاً من الألمنيوم المعالج أو الفولاذ أو من مادة أخرى مكافئة بالمتانة، وأن تكون هذه التروس قابلة للفك والنزع دون الحاجة لفك المحرك.
٤. يغذى المشغل بجهد 220 vac/50 Hz أو بجهد24 VDC.
٥. يجب أن يكون للمشغل غطاء للحماية مصنوع من الألمنيوم أو ما يعادله، وقابل للفك دون التأثير على عمل المشغل.
٦. محرك المشغل قابل للفك بالكامل وذلك من أجل الصيانة.
٧. يجب أن يكون المشغل بحجم يناسب متطلبات الإغلاق عندما يعمل تحت الضغط التفاضلي الأعظمي للنظام بتشغيل مضخة النظام المعينة.
٨. يتحكم المشغل بضغوط العمل الأعظمية للنظام المضادة.
٩. يتعطل المشغل عن العمل في حال عدم القيام ببرنامج التحكم المراد القيام به بفتح الصمام أو إغلاقه، وهذا ينتج عن انقطاع التغذية الكهربائية أو ضياع إشارة التحكم.
١٠. يجب على المشغل أن يتوافق مع إشارات التحكم المتجاوبة مع الخرج الرقمي أو التشابهي لنظام الـــ BMS الفرعي (تحكم تناسبي)، أي أن جذع الصمام يتعلق خطياً بإشارة التحكم.
١١. يجب أن يكون المشغل مزوداً بإشارة ميكانيكية تحدد موقع محور المشغل.
١٢. يجب على المشغل تحويل حالة الصمام من موقع المغلق بالكامل إلى الفتح الكامل والعكس بالعكس بأقل من دقيقتين.
١٣. يجب أن يقبل المشغل التحكم اليدوي بمحوره وذلك من أجل التحكم بالصمام في حال تعطل المشغل.

٢) مشغلات الصمامات – البنيوماتيكية:Valve Actuators - Pneumatic

تستخدم في الصمامات ذات الحجوم الكبيرة والتي تتطلب عزم إغلاق وفتح كبير. ومواصفاتها يجب أن تتطابق مع مواصفات مشغلات الصمام الكهربائية [8, 9, 11].

٣) مخمدات التحكم Control Damper (CD):

١. تركب مخمدات التحكم كما هو محدد على المخططات الميكانيكية.
٢. تنظم المخمدات أوضاع الشفرات العرضانية. أما إذا كان التنظيم ذو اتجاهين عندئذٍ يمكن تنظيم أوضاع الشفرات المتوازية أو العرضانية.
٣. يجب أن لا تتجاوز نسبة التسرب العظمى لمخمد التحكم بعازلية الهواء الخارجي 30 ليتر لكل متر مربع من مساحة وجه المخمد عند ضغط تفاضلي 1kPa . أما نسبة التسرب لبقية المخمدات يجب أن لا تتجاوز 50 ليتر لكل متر مربع. يتم اختبار تسرب المخمدات طبقاً لمعيار AMCA 500.
٤. يجب أن يظهر ويشاهد تنقل وموقع المخمد وفقاً لتسلسل التشغيل وتشابك المحركات مع المكونات الصلبة الأخرى في النظام، مع إرسال إشارة للدلالة على موقع المخمد الفعلي.
٥. الإطارات:
   ١- مصنعة من الألمنيوم بسماكة 3.2 mm .
   ٢- أبعاد الإطار 125 mm × 25 mm كحد أدنى.
   ٣- لحواف الإطار شفة لتركيب الشفرات.
٦. الشفرات:
   ١- العرض الأعظمي للشفرة 200 mm إذا كانت مصنعة من الفولاذ، و 150mm إذا كانت مصنعة من الألمنيوم.
   ٢- الطول الأعظمي 1.5 m.
   ٣- تصنع الحافة النهائية القابلة للإستبدال من إحدى المواد التالية:
      i. مطاط صناعي.
      ii. الفينيل.
      iii. بوليرزان.
      iv. مطاط سيلكوني.
      v. إلستومر صناعي.
   ٤- تصنع مانعات التسرب الجانبية من إحدى المواد التالية:
      i. شريط ستانليس ستيل.
      ii. إلستومر صناعي.
      iii. نوع مضغوط من الألمنيوم المرن.

٧. المحاور:

١- تربط المحاور إلى الشفرات بالمزاليج من خلال محور، أو برشام، أو بلحام.

٢- تصنع الوصلات (Bearings) من إحدى المواد التالية:

i. البرونز.

ii. الستانليس ستيل.

٣- يمدد المحور فوق الإطار أو حسب الضرورة حتى يتم توصيله بالمشغل.

٨. يقترح أن تكون المخمدات من إحدى الشركات التالية: Ruskin, Nailor, Prefco, Siemens Building Technologies, Johnson Controls, Inc أو ما يعادلها [8, 9, 11].

٤) مشغلات مخمدات التحكم:

١. يجب على المشغلات الكهربائية تلبية المتطلبات التالية بالحد الأدنى:

١- المحرك المتزامن محمي من الحمل الزائد عند الجذفة بالحركة الدائرية القابلة للعكس. وتزاوج المشغلات مباشرة مع شفرات قائد المخمد وبدون واسطة، وإذا كانت من نوع الدوار فيمكن مزاوجتها مباشرة مع عمود تدوير المخمد.

٢- محمي بقاطع مغناطيسي أو بطريقة أخرى ضد الحمل الزائد.

٣- التغذية الكهربائية: 220 Vac + /- 20% 50 Hz أو 24Vdc .

٤- مشغل واحد لكل مخمد.

٥- على المشغل العمل في اتجاهين إغلاق وفتح المخمد، وفقاً لمواضع المخمد المطلوبة ضمن تسلسل عملية التشغيل.

٦- يتم التحكم بالمشغلات المتحكم بها بواسطة BMS عن طريق إشارات تحكم ذات جهود 0-10Vdc، أو تيارات 4-20 mA. أما المشغلات ذات الموضعين والمتحكم بها بواسطة BMS فيتم التحكم بها بتغذية المفاتيح الحساسة النهائية كهربائياً (24Vdc أو 220 Vac) بواسطة BMS.

٧- تنتقل المخمدات من حالة الإغلاق الكامل إلى حالة الفتح الكامل وفقاً لما يلي: - خدمة طبيعية بموضعين 75 ثانية. - خدمة طبيعية تنظيمية 120 ثانية. - خدمـة طـوارئ (تخفيف الضغط، منع انتشار الدخان ...ألخ) 15 ثانية.

٨- العمل بدرجات حرارة ($-10C^o$ to $50C^o$).

٩- ميكانيزم يدوي لتحرير المحرك وميكانيزم يدوي لتغيير موضع المخمد.

٢. يجب أن تعمل المشغلات بهدوء ودون إصدار ضجيج.

٣. يقترح أن تكون مشغلات المخمدات منتجة من قبل إحدى الشركات العالمية التالية:

Nailor, Siemens Building Technologies, Johnson Controls Inc أو ما يعادلها [8, 9, 11].

٥) تشابك المكونات الصلبة للمخمدات:

يتم التشابك بين المراوح، ومخمدات سحب وتصريف الهواء، ومولدات الطوارئ، ...ألخ. وأي مخمد متحكم به عن طريق محرك كما هو محدد بمواصفات BMS أو وفقاً للمخططات الميكانيكية. أو عن طريق أسلاك تصل بين العناصر [7,10].

١-٣-٧ الأجهزة الحقلية لـــ BMS واستخداماتها:

تستعرض هذه الفقرة الحد الأدنى من متطلبات الأجهزة الحقلية لـ BMS واستخدامها لتقديمها إلى مشروع الـBMS في المجمع البلدي والمباني المماثلة. كما تبين مواصفات المكونات الصلبة للأجهزة بالتفصيل ومتطلبات تركيبها [8, 9].

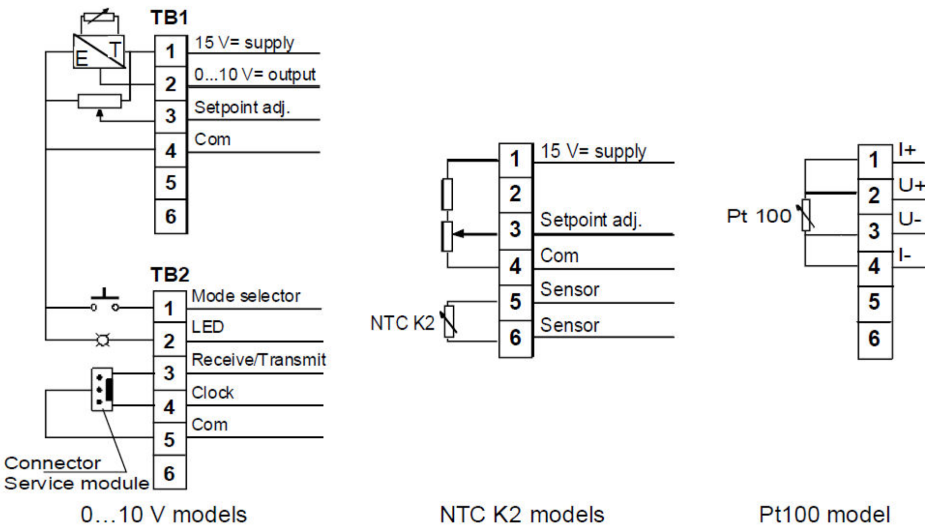
١) يتم التعرف على متطلبات الأجهزة الحقلية من مواصفات مشروع الـBMS. كذلك يتم التعرف على متطلبات المراقبة والتحكم عن طريق جداول الطرفيات الحقلية ومخططات نظم الـBMS. كما يتم التعرف على كافة متطلبات التحكم المطلوبة ومتطلبات الواجهات وتشابك المكونات الصلبة في هذه الجداول وعلى المخططات.

٢) يجب أن تكون كافة المكونات التي تتضمن التجهيزات، والاستخدام، والأجهزة الحقلية، ...ألخ، مدونة في مختبر الضمان الكندي والمنظمة الأوروبية للمعايرة.

٣) الأجهزة الحقلية لـــ BMS واستخداماتها في تحقيق الحد الأدنى من المتطلبات:

١- حساسات درجة الحرارة:

يبين الشكل(١-٣) دارات متنوعة لحساسات الحرارة.



الشكل (١-٣): أشكال متنوعة من دارات حساسات درجة الحرارة وتوصيلها [JCI].

١. حساسات من نوع Platinum or Nickel RTD.

٢. حساسات درجة الحرارة من نوع Platinum RTD لتحقيق التالي:

i. 100 ohm Platinum عند $0C^{O}$ بمقاومة نوعية .(0.00385 ohms/ohm/Deg.C.).

ii. 1000 ohm Platinum عند C^{O} 0 بمقاومة نوعية 0.00385 .(ohms/ohm/Deg.C.).

٣. حساسات الـــNickel RTD ذات مقاومة 1000 ohm.

٤. إذا كان الـRTD من نوع 100 ohm Pt يزود بمرسل لتحديد موقعه.

٥. إذا كان الـRTD من نوع 1000 ohm Pt يزود بمرسل لتحديد موقعه إذا كانت:

i. لا يمكن ربط الدخول والخروج على UC أوDCP مباشرة إلى الـRTD.

ii. المسافة بين الـــ RTD و الـــ UC أو الـــDCP أبعد من 50 متر.

٦. يجب أن يكون تيار خرج المرسل 4 to 20mA متناسباً مع درجة الحرارة ويغطي كامل مجال درجة الحرارة المراد قياسها.

iii. يجب أن تكون الدقة $\pm$ 0.5 C^{O} بين نهاية ونهاية أخرى لحساسات درجة الحرارة المراقبة من قبل BMS.

٧. باستثناء أنواع الحساسات السابقة يمكن استخدام حساسات ثيرموستاتور ذات معامل درجة الحرارة الإيجابي لقياس درجة الحرارة الخارجية المرتبطة مع الوحدات الطرفية مثل (وحدات معالجة الهواء، ملفات التسخين... ألخ).

٢- على حساسات درجة حرارة الهواء الخارجي الالتزام بالمتطلبات الإضافية التالية:

١. انحباس الحرارة في الجدران.

٢. لتحقيق متطلبات التجهيزات السابقة أعلاه (وحدات معالجة الهواء، وأبراج التبريد، وأجهزة التبريد والتسخين ..ألخ).

٣. مجال العمل -50 C^{O} to +50 C^{O}.

٣- على حساسات درجة حرارة قنوات الهواء الالتزام بالمتطلبات الإضافية التالية:

١. تحقيق المتطلبات السابقة أعلاه.

٢. طول مجس الحساس لا ينقص عن 1/3 عرض أو قطر القناة.

٣. متكامل مع التجهيزات المركبة على القناة.

٤. مجال العمل 0 C^{O} to +65 C^{O}.

٤- على حساسات درجة الحرارة المتوسطة في القناة الالتزام بالمتطلبات الإضافية التالية:

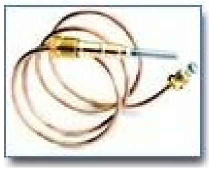
١. تحقيق المتطلبات السابقة أعلاه. عادة تكون مادة مجس الحساس من الستانليس ستيل أو من النحاس أو الألمنيوم.

٢. طول المجس 3.66m كحد أدنى أو 3.25m لكل متر مربع من مساحة القناة.
٣. قياس الانحباس الحراري المتجمع في القناة.
٤. يناسب الانحناءات في القناة وخاصة أثناء استخدام البخار.
٥. مجال العمل $-5\ C^{O}$ to $+50\ C^{O}$.

٥- على حساسات درجة حرارة الموقع الالتزام بالمتطلبات الإضافية التالية:

١. تحقيق المتطلبات السابقة أعلاه.
٢. تناسب السطح الداخلي لجدران الموقع.
٣. يجب أن تحقق دقة القياس المطلوبة وذلك بإيجاد طريقة لحمايتها ميكانيكياً وكهربائياً.
٤. مجال العمل $0\ C^{O}$ to $+50\ C^{O}$.
٥. الربط مع UC's للتحكم بالوحدات الطرفية وذلك للتكامل مع التالي:
   i. أدوات ضبط درجة الحرارة المرجعية للمواقع الخاصة.
   ii. الأماكن العامة التي لا تتوفر فيها أدوات ضبط درجة الحرارة المرجعية.

٦- على حساسات درجة الحرارة من نوع thermowell الالتزام بالمتطلبات الإضافية التالية:




الشكل (١-٤): مجموعة من حساسات Thermowell [SBT].

١. تحقيق المتطلبات السابقة أعلاه.
٢. يجب أن يكون طول مجس الستانليس ستيل 20% كحد أدنى من عرض الأنبوب.
٣. ضد الرطوبة والماء.
٤. التكامل مع الناقلية الحرارية .
٥. التوافق مع مختلف درجات الحرارة وبخطأ لا يتجاوز $0.1C^{O}$.
٦. مجال العمل يناسب التطبيق.

٧- يجب أن تحقق مرسلات درجات الحرارة المتطلبات التالية:

١. إشارة خرج 4-20 mA .
٢. دقة قياس % 0.1 -/+ .
٣. التكامل مع ضبط القياس وتصفيره.
٤. متكامل مع الانحباس المتزايد للحرارة.
٥. قابل للتكامل مع الدخول التشابهية على DCP و UC .

٨- جهاز كشف درجة الحرارة المنخفضة (يخدم وحدات معالجة الهواء):

١. عنصر حساس للبخار ذو طول 6.1 m كحد أدنى. يتعرج على كامل مساحة الملفات، أو 3.25m لكل متر مربع من مساحة واجهة الملف.

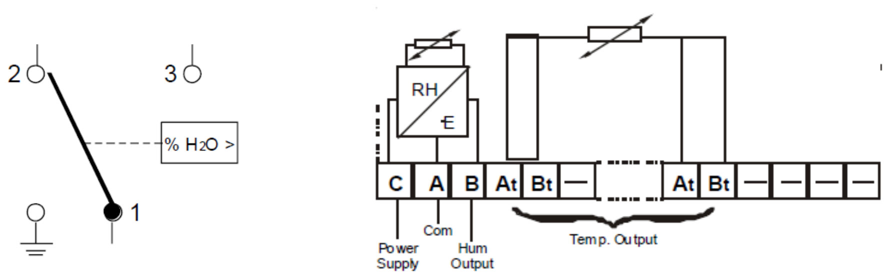
٢. تتشابك المكونات الصلبة للجهاز من أجل إيقاف المراوح ولوضع مخمد المزج على وضع إعادة التدوير بالكامل.

٣. ضبط درجة الحرارة المرجعية بمجال .$0\ C^{O}.\ to\ 7C^{O}$ بالحد الأدنى.

٤. التكامل مع التماسات المساعدة من أجل المراقبة بواسطة BMS .

٩- حساسات الرطوبة النسبية:

يبين الشكل(١-٥) شكلان من دارات حساسات الرطوبة النسبية.



الشكل (١-٥): شكلان من دارات حساسات الرطوبة النسبية[JCI].

١. دقة عالية بالقراءة % 3 -/+ من 0 to 95 % RH ما لم يطلب دقة أعلى لبعض التطبيقات الخاصة.

٢. العمل في مجال درجة حرارة $-20\ C^{O}\ to\ 80C^{O}$.

٣. زمن استقرار طويل بانحراف أقل من 1% بالسنة.

٤. حساسية 0.5 % RH .

٥. التكامل مع بنية المرسل من أجل خرج 4-20 mA متناسب مع RH لـــ BMS . فالحساس يجب أن يكون على توافق تام مع BMS .

٦. قابل للإستبدال.

٧. تزويد حساس RH بأداة مدرجة وكافة كوابل الاتصالات المطلوبة.

١٠- على حساسات الرطوبة النسبية للهواء الخارجي الالتزام بالمتطلبات الإضافية التالية:

١. حمايتها بدرع من الستانليس ستيل في حال تواجدها في الهواء الطلق وذلك للتقليل من تأثيرات الريح والتسخين الشمسي.

٢. إمكانية تعليقها على الحائط في مكان محمي من تأثيرات الطقس.

١١- على حساسات الرطوبة النسبية المعلقة في القناة الالتزام بالمتطلبات التالية:

١. غلاف مقاوم للرطوبة المتجمعة في القناة مع أنبوب.
٢. طول المجس 8 inch .
٣. العمل في مجال درجة حرارة $0 C^{O}$. to $50C^{O}$.
٤. يجب على الحساس أن لا يتأثر بتدفق الهواء.

١٢- على حساسات الرطوبة النسبية المركبة في المكان الالتزام بالمتطلبات الإضافية التالية:
١. قابلة للتعليق على الجدار الداخلي للمكان.
٢. تعلق في الأماكن المحددة من قبل مصممي BMS.
٣. مغلفة بغلاف مضاد للتأثيرات الميكانيكية والكهربائية.

١٣- مجموعة حساسات الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة:
توضع في المواقع التي تتطلب مراقبة كلاً من درجة الحرارة والرطوبة النسبية من قبل BMS .

١٤- مجموعة مرسل درجة حرارة الحوجلة الجافة ونقطة الندى:
١. تعلق هذه المجموعة على الحائط من الداخل أو من الخارج أو على القناة.
٢. مجس من الستانليس ستيل مع مرسل NEMA 4 وميزان مدرج لحساس الهواء الطلق.
٣. يجب أن يكون المجس بطول 200mm على الأقل للقناة.
٤. يعطي BMCS تقريراً عن مراقبة درجة حرارة الحوجلة الجافة بدقة $0.5C^{O}$ ±.
٥. يعطي BMCS تقريراً عن مراقبة درجة حرارة نقطة الندى بدقة $1C^{O}$ ± عند 50% RH ودرجة حرارة الحوجلة الجافة $-25 C^{O}$. to $65C^{O}$.
٦. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالية من شركة Honeywell:
Honeywell HyCal model HYD840, Honeywell HyCal HYDMP2 Moisture Pro أو ما يعادلها.

١٥- حواكم التحكم من نوع الزالقة:
١. معدل القفزة، تقدر بزمن القبض على قبضة المنزلقة.
٢. تقدر العمليات الميكانيكية بـــ 10 مليون عملية، والعمليات الكهربائية بـــ 500,000 عملية.
٣. التمتع بعازلية تامة بين دارة التحكم وخرج BMS الرقمي.
٤. يقدر تيار التماس بـــ 10 amp .
٥. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالية: IDEC, RR Series, Potter Bromfield, Cutler Hammer أو ما يعادلها.

١٦- حواكم التحكم من نوع المؤقت:
١. تقديرات الملفات لـــ 220 VAC, 50 mA or 10-30 VAC/VDC, 40 mA المناسبة للتطبيق.

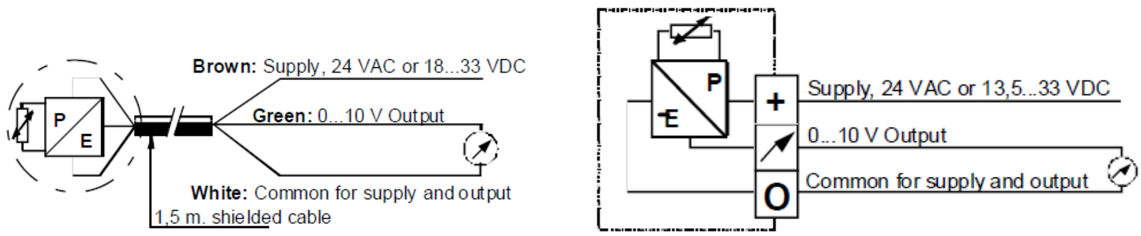
٢. التمتع بعازلية تامة بين دارة التحكم وخرج BMS الرقمي.

٣. يقدر تيار التماس بـــ 10 amp .

٤. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالية: Core Components, Model CVR أو ما يعادلها.

١٧- مرسل الضغط الساكن (الستاتيكي) في القناة:

يبين الشكل(١-٦) داراتان لحساس الضغط الستاتيكي.



الشكل (١-٦): داراتان من دارات حساسات الضغط الستاتيكي[JCI].

١. مجال ضغط الدخل مناسب لكل التطبيقات.

٢. تيار إشارة الخرج 4-20 mA متناسباً مع مجال دخل الضغط.

٣. الدقة ± 5% .

٤. العمل في مجال درجة حرارة $-7\ C^{O}$. to $49C^{O}$.

٥. سهل المنال، مع إمكانية التصفير وضبط المجال.

٦. تقدر الحماية بخمسة أضعاف الضغط على الدخل كحد أدنى.

٧. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالية: MODUS, Model T40, Mamac series PR272, Setra أو ما يعادلها.

١٨- مرسل الضغط الساكن في المكان:

١. مجال ضغط الدخل مناسب لكل التطبيقات. بشكل عام -0.25 to +0.25 inches w.g .

٨. تيار إشارة الخرج 4-20 mA متناسباً مع مجال ضغط الدخل.

٢. الدقة ± 5% .

٣. العمل في مجال درجة حرارة o C^{O}. to 40 C^{O} .

٤. سهل المنال، مع إمكانية التصفير وضبط المجال.

٥. تقدر الحماية بخمسة أضعاف الضغط على الدخل كحد أدنى.

٦. تراقب إشارات الضغط الساكن الخارجية عن طريق بطين مخمد حساس للضغط الساكن. حيث يتم ضبط عدة نقاط مرجعية للضغط الساكن على هذا البطين. يفضل أن يكون مصنع من قبل Dwyer (Model A-306) أو ما يعادلها.

٧. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالية: MODUS, Model T40, Johnson Controls DPT2641, Mamac series PR272 series, Setra أو ما يعادلها.

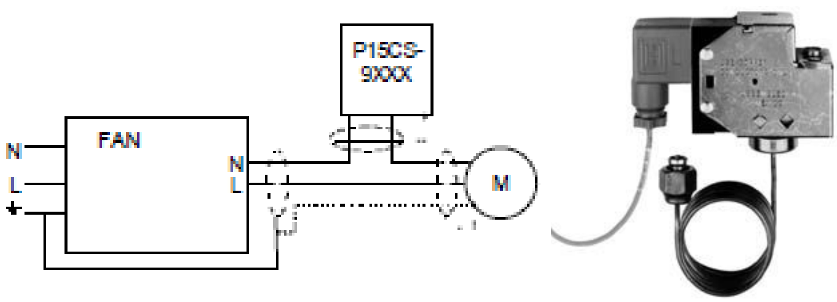
١٩- حساس معدل تدفق الهواء المركب على القناة:



الشكل (١-٧): مجموعة من حساسات تدفق الهواء [JCI].

١. جهاز قياس على شكل صليب أو شبك متعدد النقاط.
٢. السماح لأنبوب الحساس بالتركيب والإزالة بدون توقف عمل القناة.
٣. المواد الداخلية للمحول مناسبة للتماس المستمر بالهواء.
٤. الشبكة الحساسة مصنعة من الستانلس ستيل.
٥. تيار إشارة الخرج 4-20 mA متناسباً مع ضغط الدخل.
٦. الدقة 5% ± .
٧. العمل في مجال درجة حرارة -18 C^{O}. to 60 C^{O} .
٨. سهل المنال، مع إمكانية التصفير وضبط المجال.

٢٠- حساس معدل تدفق الهواء المركب على فتحة المروحة:



الشكل (١-٨): أحد أشكال حساسات معدل تدفق الهواء من فتحة المروحة ودارة توصيله[JCI].

١. جهاز قياس على شكل صليب أو شبك متعدد النقاط.
٢. السماح لأنبوب الحساس بالتركيب والإزالة بدون توقف عمل المروحة.
٣. المواد الداخلية للمحول مناسبة للتماس المستمر بالهواء.
٤. الشبكة الحساسة مصنعة من الستانلس ستيل.
٥. تيار إشارة الخرج 4-20 mA متناسباً مع ضغط الدخل.
٦. الدقة 3% ± .
٧. العمل في مجال درجة حرارة $-18\ C^O$. to $60\ C^O$.
٨. سهل المنال، مع إمكانية التصفير وضبط المجال.

٢١- مجموعة الحاكمة والمحول المتحسسة للتيار ــ المساعدة في مراقبة حالات المحرك الكهربائي:
١. تقدير الحمل الملائم.
٢. تماسات حاكمة للدلالة إلى حالات SPDT.
٣. مدى الانحراف لا يتجاوز 5% خلال ستة أشهر.
٤. تملك حاكمات ومحولات تيار وحماية من التيار المرتفع والجهد المرتفع أيضاً.
٥. حجم مناسب.
٦. دقة القراءة 2% ± على كامل المجال 10% to 100%.
٧. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالية: Hawkeye, Kele and Associates model (S)CS1150A, Electromatic SM115, Cymatic 850 Series أو ما يعادلها.

٢٢- حساس الضغط التفاضلي للماء:



الشكل (١-٩): أحد أشكال حساسات الضغط التفاضلي للماء [JCI].

١. مصنع من الألمنيوم.
٢. مجهز بمحول خرج 4-20 mA متناسبة مع تحسس الضغط.
٣. دقة القراءة 2% ± من سلم الميزان.
٤. مجال العمل يناسب التطبيق.
٥. سهل المنال، مع إمكانية التصفير وضبط المجال.
٦. تقدر الحماية بخمسة أضعاف الضغط على الدخل كحد أدنى.
٧. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالية: Setra, Model 228-1, Veris Industries: Alta Labs PW series, Mamac series PR-282, modus أو ما يعادلها.

٢٣- المفتاح الحساس للضغط التفاضلي (هواء) ــ أدوات تحديد الضغط الساكن في القناة:

١. ضبط القيمة المرجعية ضمن مجال القيمة المرجعية المناسبة للتطبيق.
٢. العمل في مجال درجة حرارة $-18\ C^{O}$. to $71\ C^{O}$.
٣. تصفير يدوي.
٤. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالية: Kele Model AFS-460, Dwyer أو ما يعادلها.

٢٤- المفتاح الحساس للضغط التفاضلي (هواء) ــ للدلالة على حالة المرشح:

١. ضبط القيمة المرجعية ضمن مجال القيمة المرجعية المناسبة للتطبيق.
٢. مجال العمل يناسب التطبيق.
٣. تصفير يدوي.
٤. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالي: Cleveland Controls, Inc. (Model AFS-222) Dwyer أو ما يعادلها.

٢٥- المفتاح الحساس للضغط التفاضلي (ماء):

١. ضبط القيمة المرجعية ضمن مجال القيمة المرجعية المناسبة للتطبيق.
٢. مجال العمل يناسب التطبيق.
٣. قادر على التماس المستمر مع السائل والتقدير على كامل مجال درجة الحرارة.
٤. قابل للتعديل % 1 -/+ من مجال العمل.
٥. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالي: Dwyer, Penn, Delta-Pro أو ما يعادلها.

٢٦- حساس ضغط الماء:

١. مجال الدخل من 0 to 200 psi .
٢. تيار إشارة الخرج 4-20 mA متناسباً مع ضغط الماء.
٣. الدقة $\pm 5\%$.
٤. العمل في مجال درجة حرارة $o\ C^{O}$. to $40\ C^{O}$.
٥. سهل المنال، مع إمكانية التصفير وضبط المجال.
٦. تقدر الحماية بضعفي الضغط على الدخل.
٧. أدوات التقدير NEMA-4 .
٨. الأجزاء المبللة مصنوعة من الستانليس ستيل.
٩. استقرار لمدة طويلة في القراءة.
١٠. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالية: Precise Sensor, Fisher/Rosemount أو ما يعادلها.

٢٧- المفتاح الحساس لتحديد مستوى السائل:

١. العمل في مجال درجة حرارة $0\ C^{O}.\ to\ 71\ C^{O}$.

٢. ضغط التشغيل 26 psi .

٣. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالية: MagneTek, 7010 Series, Scientific Technologies product or W.E. Anderson produc أو ما يعادلها.

٢٨- متحكم مستوى السائل:

١. مقاوم للاهتراء، مصنع من الستانليس ستيل 316.

٢. العمل في مجال درجة حرارة $93\ C^{O}.\ to\ 232\ C^{O}$.

٣. مجال الضغط 2000 psi عند $93\ C^{O}$. ، 400 psi عند $232\ C^{O}$.

٤. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالية: MagneTek, 6012 Series أو ما يعادلها.

٢٩- حساس مستوى السائل المستمر (من النوع العائم):

١. مقاوم للإهتراء.

٢. يعمل مع محول إشارة الخرج 4 to 20 mA المتناسبة مع المستوى المتحسس له.

٣. العمل في مجال درجة حرارة $0\ C^{O}.\ to\ 60\ C^{O}$.

٤. مجال الضغط 0 to 500 psi. .

٥. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالية: MagneTek, 7025 Series أو ما يعادلها.

٣٠- حساس نوعية الهواء:

١. مقياس لقياس تركيز المركبات العضوية المحتواة في الهواء كحد أدنى المركبات التالية:

i. ميتان.

ii. الإثيلين.

iii. الهيدروجين.

iv. أول أكسيد الكربون.

v. ثاني أكسيد الكربون.

vi. الأمونيا.

٢. التيار الأعظمي 135 mA ، مقاومة دنيا 4 KOHMS ، 24 Vac + 10%-50% or 24Vdc , جهد التغذية (Min. 12V, Max 24V).

٣. العمل في مجال درجة حرارة $0\ C^{O}.\ to\ 60\ C^{O}$.

٤. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالية: G-Controls, Model AQS/D أو ما يعادلها.

٣١- حساس غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2:

١. لا يوجد تأثير يذكر لدرجة الحرارة أو الرطوبة على الدقة.
٢. يعمل مع محول إشارة الخرج 4 to 20 mA أو 0-10Vdc المتناسبة مع تركيز ثاني أكسيد الكربون.
٣. المجال المحسوس لــ CO^2 يساوي ppm (0 – 2000) .
٤. دقة القراءة 3% ± أو 50 ppm ± بمجال درجة حرارة 15 C^O. to 32 C^O، ودقة القراءة ± 5% أو 100 ppm ± بمجال درجة حرارة 0 C^O. to 50 C^O.
٥. الانحراف السنوي لا يزيد عن 10 ppm -/+ .
٦. العمل في مجال درجة حرارة 0 C^O. to 50 C^O .
٧. يتكامل مع تماسات حاكمة مساعدة للإعلان عن إنذار.
٨. تقابل المتطلبات السابقة أعلاه، التجهيزات التالية: Engelhard 8000 Series أو ما يعادلها.

٣٢- مفتاح حساس موضع المخمد:

١. مفتاح ميكانيكي يعمل كهربائياً.
٢. يعمل الحساس للدلالة على الموضع الفعلي لشفرات المخمد. تعمل حساسات موضع شفرات المخمد بواسطة الساعد الملتوي.
٣. تقدر التماسات الحمل الكهربائي الذي سينقل إلى المحرك للقيام بوضع شفرات المخمد على الوضعية المطلوبة.

٤) تركب الحساسات بموجب توصيات المنتجين لتحسس المتغيرات المحددة.
٥) تركب الحساسات بشكل آمن، وبشكل مناسب للبيئة مع ضمان عمل الحساس.
٦) تركب الحساسات كما هو مطلوب منها تحسس الوسط المتحكم به بدقة.
٧) تركب الحساسات المركبة على خطوط الماء بشكل معزول، مع إمكانية تركيبها وإزالتها دون الحاجة لتفريغ الأنبوب من الماء [8, 9].

٤-١ تطبيق الــ BMSعلى الــHVAC.

١-٤-١ أهم أعطال مكونات الــ BMS وتجهيزات المبنى:

- تحدد مواصفات تصميم BMS متطلبات التحكم بالأجهزة ونظام المبنى في حالة حدوث أي تعطل لتجهيزات الــBMS وكذلك لتجهيزات المبنى وهذه أهم الأعطال العامة [11]:
  - عند تعطل متحكم الــ DCP/UC:
    - توقف التجهيزات والمحركات الكهربائية المرتبطة مع BMS.
    - مخمدات المزج في وحدة معالجة الهواء في وضعية الفتح الكامل.
    - صمامات التحكم بالبخار مغلقة.

- صمامات التحكم بالماء الساخن مفتوحة.
- صمامات التحكم بملف التبريد مغلقة.
- سرعات المراوح والمضخات على الوضعية الدنيا.
- أجهزة التحكم بمعدل التدفق الحجمي للمراوح والمضخات على وضعية اللاحمل.
- مخمدات العزل مغلقة.
- مخمدات هواء العادم ومخمدات الهواء الجديد مغلقة.

o عند تعطل حساس الدخل التشابهي لـــ BMS:

- يحتفظ خرج تحكم BMS المرتبط معه بحالة الأمر الأخير.
- الإعلان عن العطل كإنذار بعدة طرائق.

o عند تعطل المحركات الكهربائية والتجهيزات المتحكم بها:

- سوف يعتبر الجهاز معطلاً إذا لم يستجب إلى أوامر BMS المرتبطة معه، وسوف يطفأ BMS المرتبط معه أيضاً. ونتيجة لذلك سوف تعطى القيادة اليدوية للرد على الإنذار الناتج عن العطل ويتطلب إعادة وضعه على الوضع الآلي يدوياً أيضاً، أما التحكم بالأجهزة من قبل BMS يستأنف على الوضع الآلي.
- في حالة تشغيل الإنذار عن الحريق سوف تتابع التجهيزات عملها من قبل المشغل اليدوي حتى زوال الإنذار.
- دائماً سيعلن العطل كإنذار على BMS.

o إذا تعطل المحرك أو الجهاز المتحكم به عن طريق BMS في بداية الإقلاع سوف يعطى كإنذار وسوف يتوقف النظام عن العمل.

١-٤-٢ متطلبات المراقبة والتحكم العامة للـــ BMS:

يمكن تعديل كافة قيم الإنذارات والقيم المرجعية لـــ BMS من قبل المشغل عن طريق الأنترنيت أو عن طريق محطات التشغيل المحلية وذلك بعد إدخال كلمة السر المناسبة.

يمكن من أي نقطة تحكم مزودة ببرنامج BMS خاص بالعمل الموكل إلى النظام أن يفعِّل أو يوقف الإقلاع الآلي والتحكم بالنظام تماماً. إن النظم المتحكم بها عن طريق BMS قادرة على الإقلاع أو التوقف إما عن طريق التحكم BMS الآلي، أو عن طريق أمر من المشغل مباشرة.

١-٤-٣ إعادة إقلاع الأجهزة بعد الإعلان عن إنذار حدوث حريق:

تتجاوز نظم الإنذار عن الحريق في المبنى تحكم BMS عند حدوث إنذار عن الحريق. يراقب BMS مجموعة نواتج الاتصالات من نظام الإنذار عن الحريق للدلالة على حالات الإنذار عن الحريق في المبنى. وهذا يتطلب أن يتم التنسيق بين التحكم BMS ونظام الإنذار عن الحريق بأن يوقف نظام الإنذار عن الحريق تجهيزات البناء عن التشغيل.

يغلق BMS الصمامات المرتبطة بوحدة معالجة الهواء ويوقف المضخات والمراوح أيضاً، عند اكتشافه أن وحدة معالجة الهواء متوقفة عن العمل.

سوف تعلن الإنذارات بواسطة BMS حيث يشير إلى تعطل أو توقف التجهيزات وإلى حالة الإنذار عن الحريق في المبنى. لن يعلن BMS عن الإنذارات المزعجة لنقاط الدخل المراقبة، وعلى النظام الإطفاء إما عن طريق BMS أو عن طريق نظام الإنذار عن الحريق (مثل: ارتفاع درجة حرارة هواء التغذية، وانخفاض الضغط الستاتيكي في مجاري الهواء، ألخ).

عند إطفاء التجهيزات بواسطة نظام الإنذار عن الحريق لن تعود للإقلاع بشكل آلي، و BMS لن يعيد إقلاع التجهيزات حتى يتم التالي[11]:

- o توضيح حالة الإنذار عن الحريق في المبنى.
- o تعرف مشغل BMS على إنذار الحريق.
- o يعيد BMS تشغيل نظام BMS المتوقف من نقطة توقف البرنامج.
- o يعطي مشغل BMS أمراً لإعادة إقلاع التجهيزات بعد الإنذار عن الحريق من نقطة قيادة البرامج.

بعد تنفيذ البنود السابقة يعاد العمل بشكل طبيعي من جديد بقيادة BMS.

١-٤-٤ إعادة إقلاع التجهيزات بعد تعطل القدرة الكهربائية في المبنى:

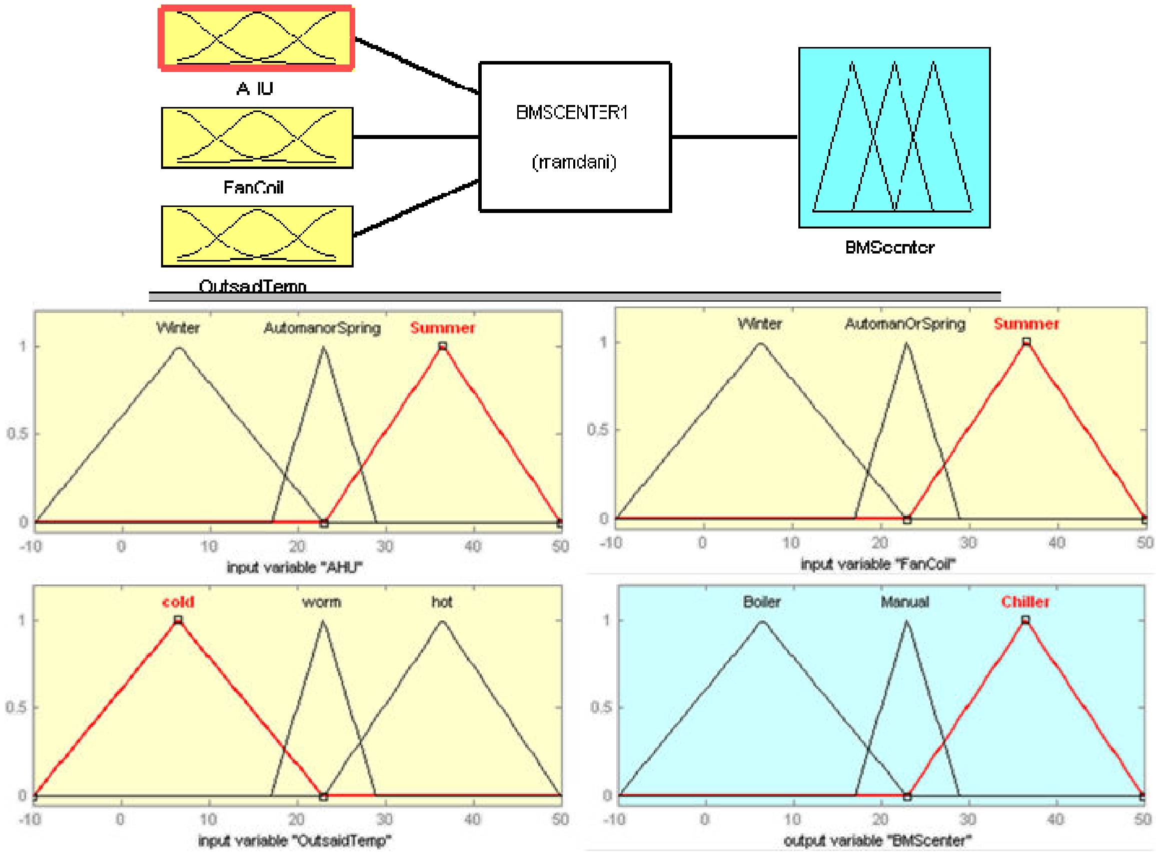
ينتج عن تعطل القدرة الكهربائية في المبنى توقف التجهيزات عن العمل. يراقب BMS حالة التجهيزات الكهربائية في المبنى ليشير إلى حالة تعطل القدرة الكهربائية. وتغذى بعض التجهيزات بالقدرة الكهربائي عن طريق التغذية الاحتياطية (مولدة، UPS).

بعد التأكد من إعادة التغذية الكهربائية إلى المبنى تزال حالة الإنذار عن التجهيزات، ويتم التأكد من وصول القدرة الكهربائية إليها، وإعادة تشغيلها والتحكم بها عن طريق BMS.

١-٤-٥ تشغيل التحكم المركزي:

يتم تشغيل نظام التحكم المركزي إما بتشغيل إحدى وحدات معالجة الهواء أو إحدى وحدات الـــ Fan Coil أو بسبب ارتفاع درجة الحرارة صيفاً عن الحد المسموح به، أو انخفاضها شتاءاً عن الحد المسموح به. أما حالة الوضع اليدوي فهي تقابل عدم وضع النظام المركزي على أي الوضعين (التبريد صيفاً، والتدفئة شتاءاً) حيث تستخدم هذه الحالة عند ارتفاع درجات الحرارة أو انخفاضها خارج مواسم التبريد والتدفئة (فصلي الخريف والربيع) وعند إجراء صيانة لإحدى المنظومات الميكانيكية [12].

يبين الشكل(١-١٠) مداخل ومخارج نظام تحكم المنطق العائم BMScenter المقترح.



الشكل(١-١٠): مداخل ومخرج نظام تحكم المنطق العائم وتوابع الانتماء لهم.

والقواعد التي تحكم عمل متحكم BMScenter هي:

1. If (AHU is Summer) or (FanCoil is Summer) or (OutsaidTemp is hot) then (BMScenter is Chiller).
2. If (AHU is AutomanOrSpring) or (FanCoil is AutomanOrSpring) or (OutsaidTemp is worm) then (BMScenter is Manual).
3. If (AHU is Winter) or (FanCoil is Winter) or (OutsaidTemp is Cold) then (BMScenter is Boiler).

حيث أن:

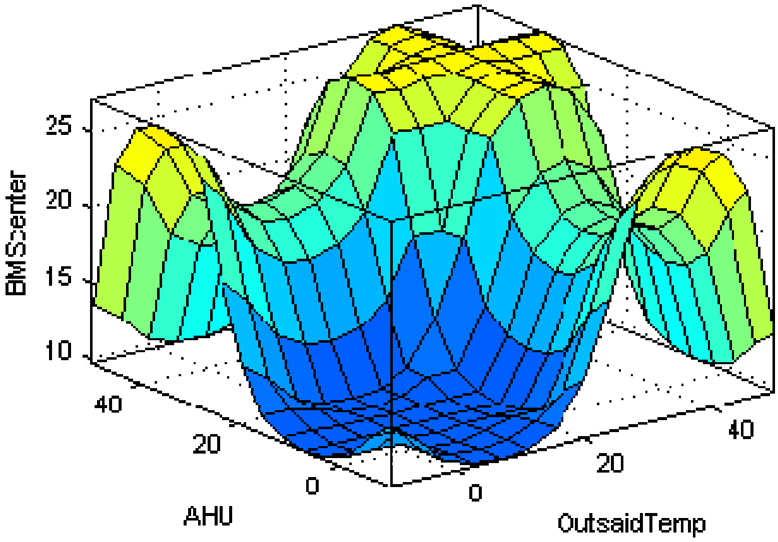
AHU: موسم تشغيل وحدة معالجة الهواء(شتاء، خريف أو ربيع، صيف).

FanCoil: موسم تشغيل وحدة Fan Coil (شتاء، خريف أو ربيع، صيف).

OutsaidTemp: درجة حرارة الجو الخارجي (بارد،دافيء، حار).

BMScenter: وضعية نظام التحكم والمراقبة المركزيBMS (مبرِّد، يدوي، مرجل).

عند عدة مراحل لتشغيل النظام، يمكن توضيح سلوك المتحكم BMScenter كما هو مبين في الشكل(١-١١).



الشكل(١-١١): سطح التحكم بالتشغيل المركزي لـــ BMS.

نلاحظ من سطح التحكم في الشكل (١-١١) أن التحكم بتشغيل المراجل أو المبرِّدات أو التشغيل اليدوي يتم وفقاً لدرجة الحرارة الخارجية ووضعية AHU أو وحدة الــ Fan Coil.

١-٤-٦ التحكم بوحدات تكييف الهواء:

يعتقد الكثير من الناس أن تكييف الهواء ما هو إلا عملية تبريد الهواء أو تسخينه ولكن الحقيقة أن تبريد الهواء أو تسخينه يعتبر أحد أوجه عمليات تكييف الهواء. فتصفية الهواء وتحريكه داخل المكان المكيف بسرعة محدودة وتوزيعه بطريقة مناسبة صحيحة وإزالة الرطوبة الزائدة الموجودة به وتدفئته وزيادة نسبة رطوبته في حال كونه جافاً، وتخليصه من الغازات الضارة تعتبر أيضاً من الأوجه الأخرى الضرورية اللازمة لإكمال عملية تكييف الهواء، وبالتالي الحصول على حالة الراحة التي يتطلبها الإنسان. فنتيجة للتبريد أو التسخين المحسوس يحدث تغير في درجة الحرارة الجافة، ودرجة الحرارة الرطبة، وطاقة الانثالبي، والحجم النوعي والرطوبة النسبية للهواء كما هو موضح بالجدول(١-١) [10]:

الجدول(١-١): تأثير التبريد المحسوس والتسخين المحسوس على برامترات هواء المكان.

	درجة الحرارة الجافة	درجة الحرارة الرطبة	الرطوبة النسبية	الرطوبة النوعية	الحجم النوعي	الانثالبي	درجة الندى
	db	**wb**	**RH**	**w**	**v**	**h**	**dp**
التبريد المحسوس	↓	↓	↑	←	↓	↓	←
التسخين المحسوس	↑	↑	↓	←	↑	↑	←

تحتوي أجهزة تكييف الهواء على جميع الأجزاء الضرورية التي تعمل على تكييف داخل المكان وللمحافظة على شروط الراحة المطلوبة.

يحوي جهاز تكييف الهواء بعضاً من الأجهزة التالية (الشكل ١-١٢):

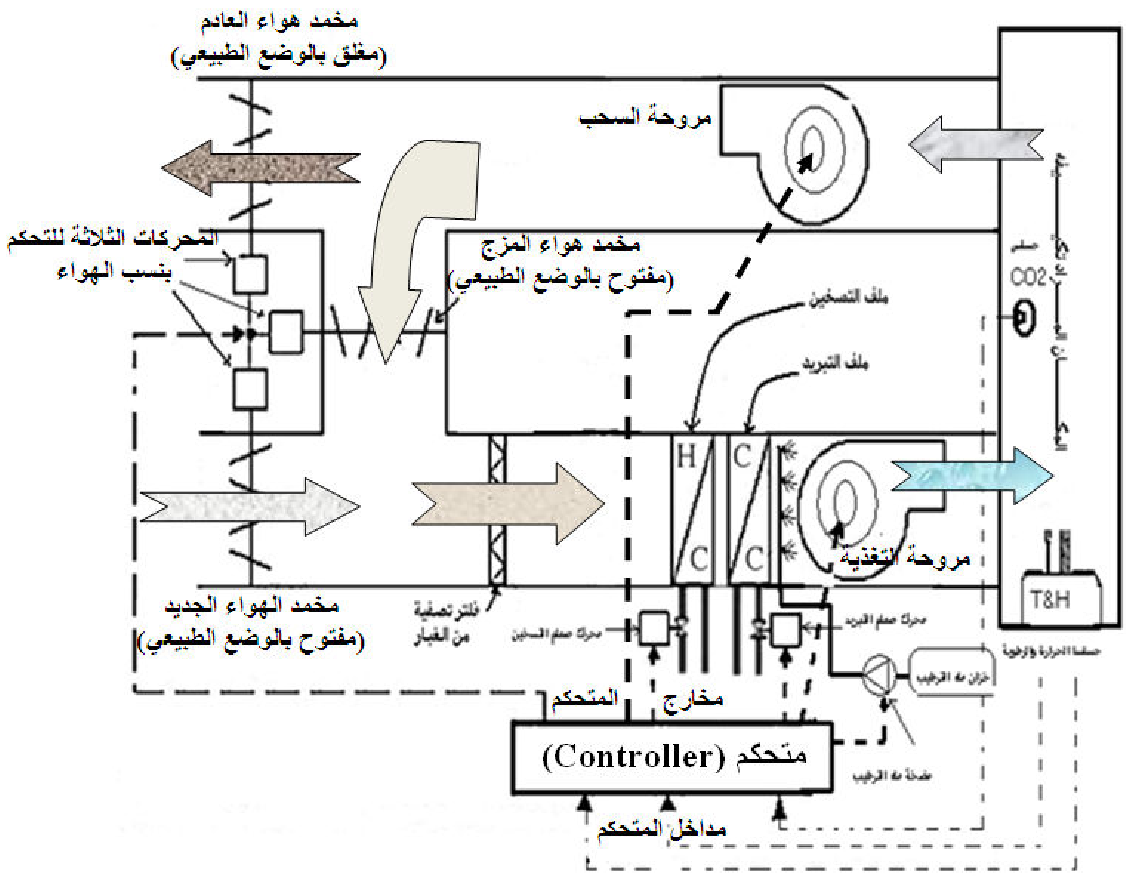
ملف تسخين. ٢- ملف تبريد. ٣- مرشات (مرطبات) ٤- مجفف. ٥ – مصفاة غبار (فلتر). ٦- مروحة دفع(تغذية) ومروحة سحب. ٧- غرفة مزج. ٨- أجهزة قياس وتحكم وحماية. ٩- ممرات هواء التغذية وهواء السحب مع الفتحات المتوضعة عليها. ١٠- أجهزة خاصة.

أهم برامترات وحدة معالجة الهواء:

أ- درجة الحرارة:

يتم التحكم بدرجة الحرارة عن طريق التحكم بصمام تغذية ملف التبريد صيفاً أو صمام ملف التسخين شتاءاً بالإضافة إلى التحكم بسرعة دوران مروحة الدفع والتحكم بزاوية فتح مخمد المزج (الصمام الثلاثي) .

صيفاً: تتراوح درجة حرارة الجو الخارجي بين $(+25, +45)C^{o}$. وتعتبر درجة الحرارة $+25C^{o}$ مثالية لراحة الإنسان صيفاً حيث أن جسم الإنسان لا يتعرض إلى صدمة حرارية عند انتقاله من مكان مكيف إلى آخر غير مكيف / من جو بارد إلى جو ساخن /أما درجة حرارة الهواء لحظة دخوله إلى المكان المراد



الشكل (١-١٢): المخطط الصندوقي لوحدة معالجة هواء أحادية القناة.

تكييفه فتبلغ $+10C^o$. للتحكم تتم مقارنة درجة الحرارة المرجعية $+25C^o$ مع درجة حرارة الهواء الراجع وتحكمها مجموعة القوانين التالية [13]:

$$T_{sa} < T_{ma} + \Delta T_{sf} - e_t \quad (1)$$

$$For \left|T_{ra} - T_{oa}\right| \geq \Delta T_{\min} : \left|Q_{oa}/Q_{sa} - (Q_{oa}/Q_{sa})_{\min}\right| > e_f$$

$$\left|U_{hc} - 1\right| \leq e_{hc} \quad and \quad T_{sa,s} - T_{sa} \geq e_t \quad (2)$$

$$\left|U_{hc} - 1\right| \leq e_{hc} \quad (3)$$

شتاءاً: تتراوح درجة حرارة الجو الخارجي بين C^o(10– ,20–+). وتعتبر درجة الحرارة المثالية $+20C^o$. أما درجة حرارة الهواء لحظة دخوله إلى المكان المكيف فتبلغ $+40C^o$. للتحكم تتم مقارنة درجة الحرارة المرجعية $+20C^o$ مع درجة حرارة الهواء الراجع وتحكمها مجموعة القوانين التالية:

$$T_{oa} < T_{co} - e_t \quad (4)$$

$$T_{sa} > T_{ma} + \Delta T_{sf} + e_t \quad (5)$$

$$T_{sa} > T_{ra} + \Delta T_{rf} + e_t \quad (6)$$

$$For \quad \left|T_{ra} - T_{oa}\right| \geq \Delta T_{\min} : \left|Q_{oa}/Q_{sa} - (Q_{oa}/Q_{sa})_{\min}\right| > e_f$$

$$\left|U_{cc} - 1\right| \leq e_{cc} \quad and \quad T_{sa,s} - T_{sa} \geq e_t \quad (7)$$

$$\left|U_{cc} - 1\right| \leq e_{cc} \quad (8)$$

حيث: T_{co} – درجة حرارة التبديل عند التحويل بين نمطي التبريد بالهواء الخارجي والتبريد بالدارة المغلقة.

T_{ma} – درجة حرارة الهواء الممزوج.

T_{oa} – درجة حرارة الهواء الطازج (الخارجي).

T_{ra} – درجة حرارة الهواء الراجع.

T_{sa} – درجة حرارة هواء التغذية.

$T_{sa,s}$ – درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية.

ΔT_{min} – العتبة الدنيا لفرق درجتي حرارة الهواء الراجع والخارجي.

ΔT_{rf} – مقدار ارتفاع درجة الحرارة أثناء عبورها مروحة الراجع.

Q_{oa}/Q_{sa} – حالة مخمد الهواء الخارجي = $(T_{ma} - T_{ra})/(T_{oa} - T_{ra})$.

$(Qoa/Qsa)_{min}$ – العتبة الدنيا لمخمد الهواء الجديد.

U_{cc} – إشارة التحكم بصمام التبريد.

U_d – إشارة التحكم بمخمد المزج.

U_{hc} – إشارة التحكم بصمام التسخين.

E_{cc} – برامتر عتبة إشارة التحكم بصمام التبريد.

E_{hc} – برامتر عتبة إشارة التحكم بصمام التسخين.

E_d – برامتر عتبة إشارة التحكم بمخمد المزج.

E_f – برامتر عتبة يصف الأخطاء ذات العلاقة بتدفق الهواء.

E_t – عتبة أخطاء قياسات درجة الحرارة.

ب- التحكم بالرطوبة النسبية Relative Humidity (RH) :

بالرغم من أن النسبة الوزنية لبخار الماء صغيرة جداً إذ تتراوح بين %(1-3) من وزن الهواء، إلا أن هذه النسبة الضئيلة لها تأثير كبير على شعور الإنسان بالارتياح أو عدمه.

يمكن تعريف الرطوبة النسبية بأنها نسبة الضغط الجزئي الفعلي لبخار الماء الموجود في الهواء إلى ضغط الاشباع لبخار الماء تحت نفس درجة الحرارة الجافة أي:

$$RH = 100\frac{P_V}{P_S} \qquad (9)$$

حيث: p_v – الضغط الجزئي الفعلي لبخار الماء عند درجة حرارة الهواء الممزوج معه.

P_s – ضغط الإشباع لبخار الماء عند نفس درجة الحرارة.

وبفرض أن مزيج الهواء وبخار الماء يتبع قانون الغازات الكاملة، يصبح:

$$P_V V = m_V R_V T \qquad (10)$$

حيث:

V – حجم المزيج (هواء وبخار الغرفة).

m_v – وزن بخار الماء الموجود في المزيج.

R_v – ثابت بخار الماء.

T – درجة حرارة المزيج.

$$\frac{P_S V}{R_V T} = m_s \qquad (11)$$

حيث: m_s – وزن بخار الماء الموجود في الهواء المشبع تحت الضغط Ps ودرجة الحرارة T

وبالتالي: $KH = m_v \div m_s$

أي أن الرطوبة النسبية تساوي للنسبة بين بخار الماء الموجود فعلاً في مقدار معين من الهواء إلى وزن بخار الماء اللازم لإشباع نفس كمية الهواء عند نفس درجة الحرارة.

وبما أن الإنسان يشعر بالراحة عند درجة حرارة $+20C^o$ شتاءاً و $+25C^o$ صيفاً ورطوبة نسبية لا تتجاوز 50%، للتحكم بهذه القيمة يجب تزويد الهواء الداخل بكمية من بخار الماء في حال كانت النسبة أقل من ذلك مع مراعاة الحفاظ على درجة الحرارة [13].

ت- التحكم بنسبة CO2 والغازات الفاسدة:

تدفق هواء العادم = تدفق الهواء الطازج (الخارجي).

وتوجد عدة إمكانيات لطرد الهواء الفاسد:

١- أن يتم طرد قسم من الهواء الراجع إلى الجو.

٢- أن يتم سحب الهواء اللازم طرده بواسطة قناة خاصة من المكان ثم يطرد إلى الجو.

٣- أن يتم طرد الهواء بواسطة مراوح محورية تركب على النوافذ.

والحالة الأولى هي المطبقة في المجمع البلدي بحلب.

تبلغ نسبة هذا الغاز في الجو ما يقارب (0.04%) مع تأرجح قليل في هذه النسبة تبعاً لوجود مصانع أو بحار أو غابات في المنطقة.

وإذا زادت نسبته عن (0.07%) يشعر الإنسان بانزعاج وعندما تصل النسبة إلى (1%) يشعر الإنسان بضيق في التنفس وعندما تصل نسبته إلى [%(5-4)] تظهر على الإنسان أعراض مرضية شديدة من تخريش للأغشية المخاطية وللطرق التنفسية وسعال وشعور بارتفاع حرارة الصدر وتسرع النبض وارتفاع الضغط الشرياني [13].

ث- كفاءة المرشح (Filter Efficiency):

تعتبر كفاءة المرشح من خلال إمكانياته على حجز الأتربة من الهواء، والمعادلة الرياضية التي تصف الكفاءة هي:

$$\eta(filter) = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \qquad (12)$$

حيث أن:

C_1 – عبارة عن نسبة تركيز الأتربة قبل المرشح.

C_2– عبارة عن نسبة تركيز الأتربة بعد المرشح.

ج- قدرة المضخة:

تعطى بالقانون التالي:

$$BHP = \frac{WHP}{\eta_m}, \quad WHP = \frac{Q \times \Delta p}{746}(HP) \qquad (13)$$

حيث أن:

WHP– القدرة المائية للمضخة (حصان).

BHP– القدرة الفرملية للمضخة (حصان).

Q– معدل الجريان (m^3/s).

Δp – الارتفاع المانوميتري للمضخة (هبوط الضغط (Pa)).

η_m– الكفاءة الميكانيكية للمضخة.

١-٤-٧ التحكم الآلي للـــ BMS بمخمدات المزج والصمامات في وحدات معالجة الهواء:

تتطلب وحدات معالجة الهواء BMS للتحكم بصمامات ملفي التبريد والتسخين والتحكم بمخمدات المزج على التسلسل:

تنظم مخمدات المزج (الهواء الراجع، والهواء الخارجي الجديد، وهواء العادم) بانسجام للإبقاء على درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية في الموقع المراد تكييفه. إذا لم تبقى درجة حرارة هواء التغذية ثابتة عندئذٍ سيعدل إما صمام التحكم بملف التسخين أو صمام التحكم بملف التبريد بالتوازي مع مخمدات المزج للإبقاء على درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية. إذا كانت التدفئة مطلوبة ستكون المخمدات على الوضع الأدنى للهواء الخارجي، وينظم صمام التحكم بملف التسخين للإبقاء على درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية. إذا كان التبريد هو المطلوب ودرجة حرارة الهواء الخارجي أقل من درجة حرارة الهواء الراجع وأعلى من درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية، سيفتح مخمد الهواء الخارجي بالكامل، وسينظم صمام ملف التبريد للإبقاء على درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية. عندما تكون درجة حرارة الهواء الخارجي أعلى من درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية وأعلى من درجة حرارة الهواء الراجع سيوضع مخمد المزج على الوضعية الدنيا للهواء الخارجي وسينظم صمام التحكم بملف التبريد للإبقاء على درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية. عندما تكون درجة حرارة الهواء الخارجي أقل من درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية ستنظم مخمدات المزج للإبقاء على درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية. فالهدف من ذلك الاستفادة من التبريد المجاني عندما يكون ذلك ممكناً. نلاحظ أنه في الاحتمالات السابقة لا يحدث تسخين وتبريد في آن واحد. عندما تقتضي الضرورة أن يبقى مخمد الهواء الخارجي بالحد الأدنى سوف يتم تجاوز التحكم بصمام المزج المعتمد على درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية [14].

١-٤-٨ برامج الإقلاع والتوقف لوحدة معالجة الهواء:

يقلع نظام معالجة الهواء من قبل BMS طبقاً لجداول التشغيل المحددة. تستثني هذه الجداول فترة الإقلاع. تبدأ التدفئة بالعمل لجعل درجة الحرارة الدنيا في كافة الغرف $20C^{O}$+، في بداية دور المشغولية تكون مخمدات المزج مفتوحة بالكامل على وضع إعادة المزج، أما في حالة التبريد يبدأ بالعمل لجعل درجة الحرارة في الغرف $25C^{O}$+، وأيضاً تكون مخمدات المزج مفتوحة بالكامل على وضع إعادة المزج، وبعد الوصول إلى القيمة المرجعية لدرجة الحرارة يبدأ نظام BMS بتنظيم العمل كما تم شرحه سابقاً.

تتوقف نظم معالجة الهواء خلال أدوار عدم المشغولية إذا كانت درجة الحرارة في المكان أعلى من $15C^{O}$+ ، وإذا كانت درجة حرارة أي موقع أدنى من $15C^{O}$+ سوف يقلع النظام ويعمل بوضعية الفتح الكامل لمخمدات المزج، وتعمل مضخة الحرارة ويفتح صمام ملف التسخين بالكامل لتمرير الماء إلى الملف، وسوف يعود النظام للتوقف عندما تصبح درجة حرارة المكان $16\ C^{O}$+ [10].

١-٤-٩ إعادة جدولة درجة حرارة هواء التغذية في وحدات معالجة الهواء:

يتحكم BMS بتجهيزات وحدة معالجة الهواء للإبقاء على شروط درجة حرارة هواء التغذية للمكان. يمكن أن تكون وحدات المعالجة مجهزة بالوسائل لإعادة درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية آلياً بالاستناد على نوعية

المعايير لكل تطبيق، يحدد مصممو BMS وسائل إعادة القيمة المرجعية لدرجة الحرارة لتناسب التطبيق المعين وتنسق إعادة الجدولة والقيم المرجعية مع مستثمري النظام.

فيما يلي عدد من تطبيقات التحكم بوحدات معالجة الهواء ودرجة حرارة هواء التغذية المرتبطة معها:

١- وحدة معالجة بحجم هواء ثابت، ولا يوجد تحكمات ثانوية لــ BMS ، وحساسات درجة حرارة المكان كافية.

يحسب BMS متوسط قيم درجات حرارة المكان ويضع درجة حرارة هواء التغذية بالاعتماد على جدول القيم المتوسطة لدرجة حرارة المكان.

متوسط درجة حرارة المكان	درجة حرارة هواء التغذية المرجعية
20 C^{O}	?? C^{O}
24 C^{O}	?? C^{O}

٢- وحدة معالجة بحجم هواء ثابت، ولا يوجد تحكمات ثانوية لــ BMS ، ومراقبة درجة حرارة المكان غير كافية.

يعدل BMS درجة حرارة هواء التغذية بالاعتماد على درجة حرارة الهواء الراجع:

متوسط درجة حرارة الهواء الراجع	درجة حرارة هواء التغذية المرجعية
20 C^{O}	?? C^{O}
24 C^{O}	?? C^{O}

٣- وحدة معالجة هواء ذات حجم هواء ثابت أو متغير، وبتحكمات BMS ثانوية.

يتحكم BMS ويخطط درجة حرارة هواء التغذية المرجعية. يضبط BMS درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية للإبقاء على المنطقة بالحاجة الأعظمية للتبريد كما هو محدد بأوضاع مخمد الوحدات الطرفية، وأوضاع صمام التحكم بملف إعادة التسخين[10].

١-٤-١٠ الحسابات الديناميكية لهواء المزج مع توضع مخمد المزج على الوضعية الدنيا للهواء الخارجي.

تعتمد حسابات الهواء الممزوج الديناميكية على العلاقة بين القيم المراقبة من قبل الــBMS لدرجة حرارة الهواء الخارجي، ودرجة حرارة الهواء الممزوج، ودرجة حرارة الهواء الراجع.

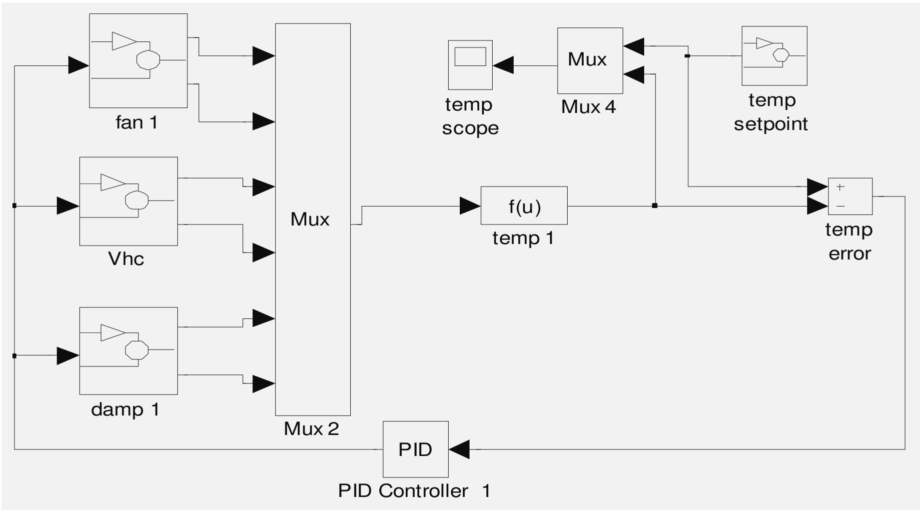
يتجاوز الــBMS التحكم بالحد الأدنى الطبيعي لتدفق الهواء الخارجي وذلك للإبقاء على متطلبات تدفق الهواء الخارجي المحددة بالاعتماد على الحسابات الديناميكية للهواء الممزوج، ولكن يطبق الــBMS استراتيجيات التحكم لتجاوز التحكم بمخمد المزج الطبيعي وذلك للإبقاء على متطلبات الهواء الخارجي بالحد الأدنى فقط عندما تكون درجة حرارة الهواء الخارجي أقل من درجة حرارة الهواء الراجع بــ $10C^{O}$ أو أكثر، أيضاً يحدد الــBMS التحكم بمخمد المزج لمنع درجة حرارة الهواء الممزوج أن تنخفض بأقل من $6\ C^{O}$. [10]

١-٥ المقارنة بين متحكمات الــDDC التي تعتمد على خوارزميات التحكم PID, PI, P ومتحكمات الــDDC التي تستخدم المنطق العائم في التحكم Fuzzy Logic Control:

للمقارنة بين متحكمات الــPID ومتحكمات الــFuzzy Logic تم بناء محاكاة لوحدة معالجة الهواء بالشكل المبسط لها باستخدام متحكم الــ PID ثم باستخدام متحكم الــFuzzy Logic بالاعتماد على البيئة البرمجية الــ MATAB [15, 16]:

١-٥-١ التحكم بدرجة حرارة المكان:

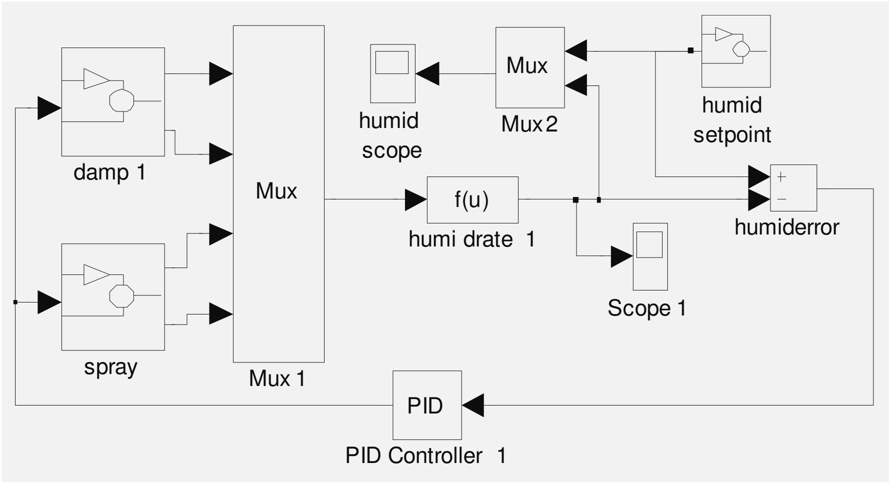
مثلنا نظام التحكم بدرجة الحرارة باستخدام متحكم الــ PID وفق العلاقات (8 ,7 ,6 ,5 ,4 ,3 ,2 ,1) (الشكل ١-١٣):



الشكل (١-١٣): محاكاة دارة التحكم بدرجة الحرارة لوحدة معالجة الهواء.

١-٥-٢ التحكم بالرطوبة النسبية للمكان:

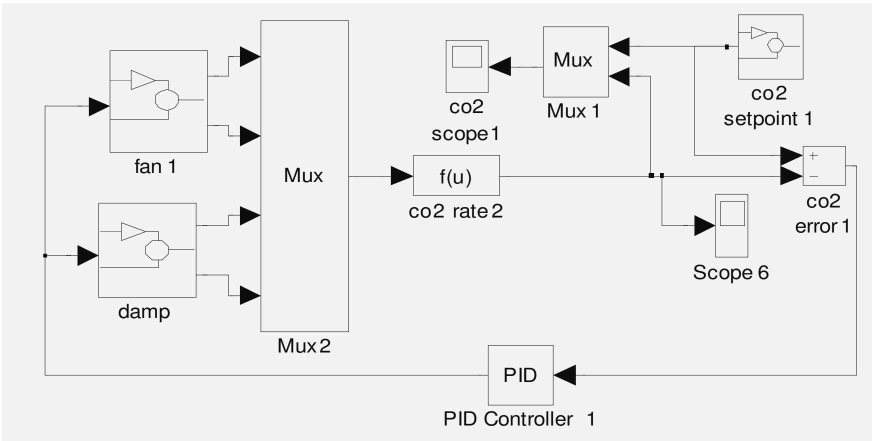
مثلنا نظام التحكم بالرطوبة النسبية باستخدام متحكم الــ PID وفق العلاقات (11 ,10 ,9) (الشكل١-١٤):



الشكل (١-١٤): محاكاة دارة التحكم بالرطوبة النسبية لوحدة معالجة الهواء.

١-٥-٣ التحكم بمعدل CO_2 والغازات الفاسدة:

مثلنا نظام التحكم بمعدل CO_2 باستخدام متحكم الـــ PID (الشكل ١-١٥):

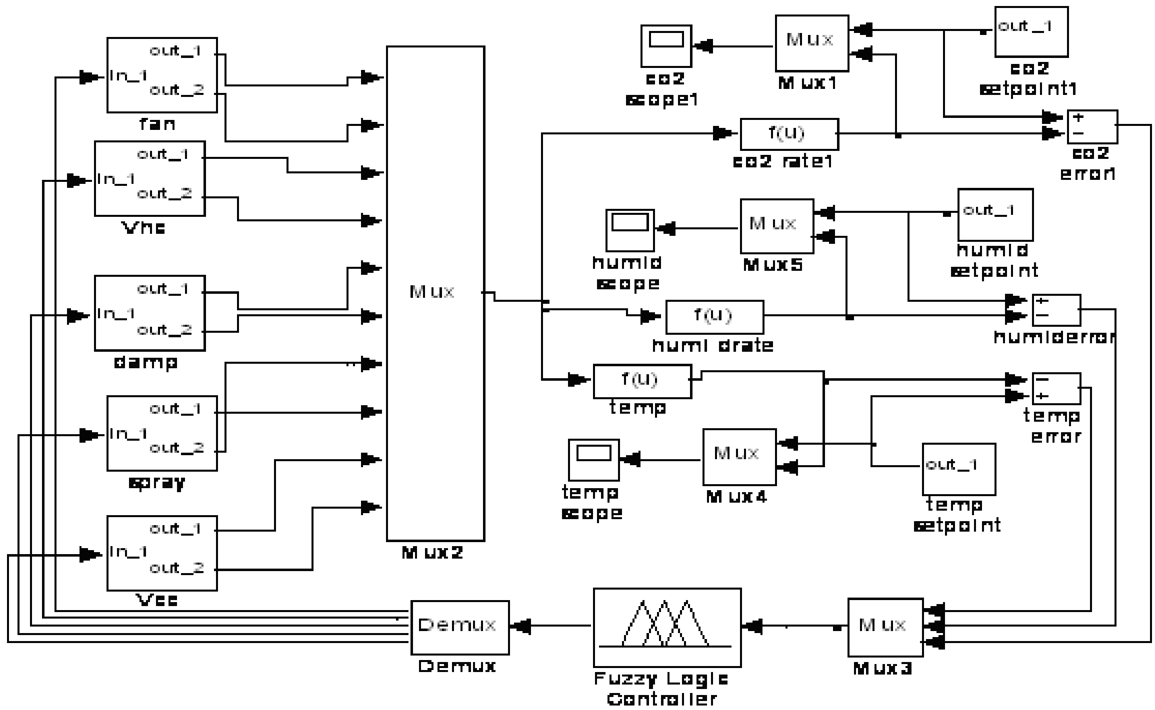


الشكل (١-١٥): محاكاة دارة التحكم بنسبة غاز ثاني أكسيد الكربون لوحدة معالجة الهواء.

١-٥-٤ نمذجة التحكم بوحدات معالجة الهواء (AHU) باستخدام المتحكم المنطقي العائم:

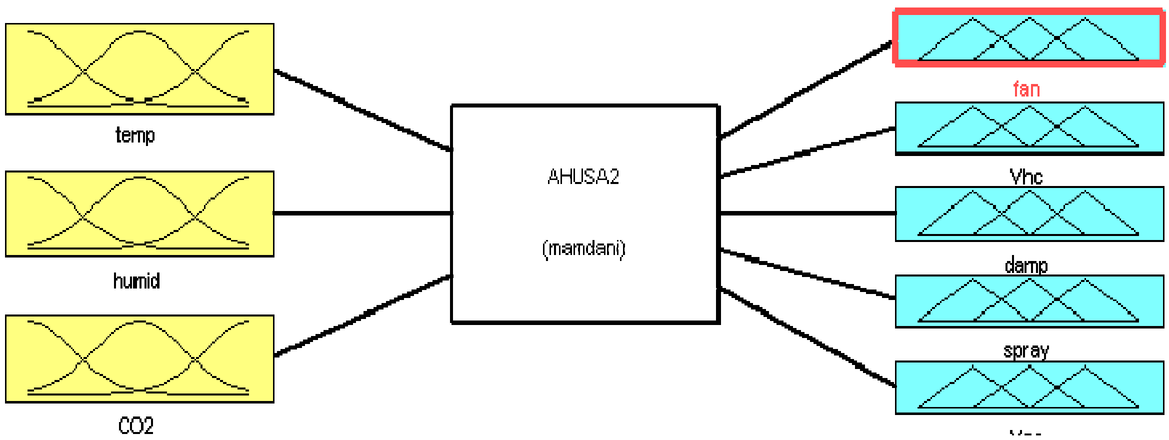
- مجال تغير درجة حرارة المكان المراد تكييفه C^O (0 -50+) ودرجة الحرارة المطلوبة C^O 22+ .
- مجال تغير نسبة CO2 في الهواء %(0.01 - 0.1) من حجم الهواء والنسبة الطبيعية هي 0.03% .
- مجال تغير الرطوبة النسبية RH في الهواء %(5- 100) من حجم الهواء والنسبة الطبيعية هي 50%.

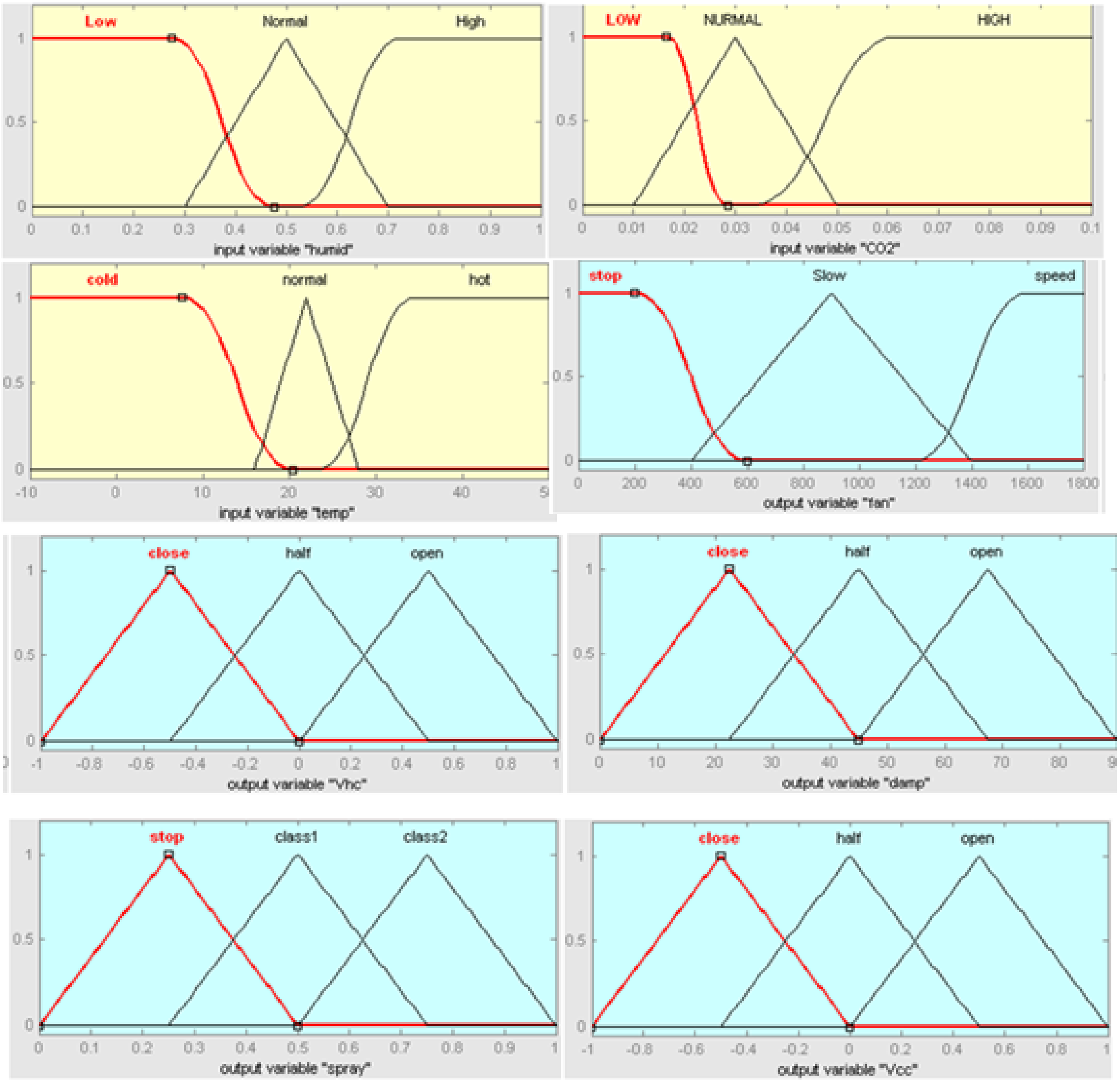
باعتماد قيمة الخطأ الناتج عن مقارن إشارة الدخل القادمة من الحساسات والتي يمكن أن تأخذ قيماً ضمن مجال تغيّر المتغير المطلوب التحكم به وإشارة تابع انتقال التغذية العكسية كمدخل لمتحكم المنطق العائم (ET , ERH , ECO2) مثلنا وحدة معالجة الهواء باستخدام Matlab(Simulink) (الشكل ١-١٦) [15, 16]:



الشكل (١-١٦): محاكاة دارة التحكم بمتغيرات وحدة معالجة الهواء باستخدام متحكم المنطق العائم

قمنا بتنصيب برنامج المتحكم العائم باستخدام حقيبة ملفات FUZZY LOGIC المتوفرة في البيئة البرمجية الـــ Matlab وذلك بتنصيب إشارات الدخل المراد التحكم بها(درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، معدل غاز CO_2) وإشارات الخرج إلى أجهزة التنفيذ (مروحة التغذية fan، مخمد المزج Damper، مضخة المرشات Spray، صمام ملف التسخين Vhc ، صمام ملف التبريد Vcc) بالإضافة إلى التابع الوظيفي (Mamdani)، (الشكل ١-١٧).





الشكل(١-١٧): مداخل ومخارج نظام تحكم المنطق العائم لوحدة معالجة الهواء وتوابع الانتماء لهم.

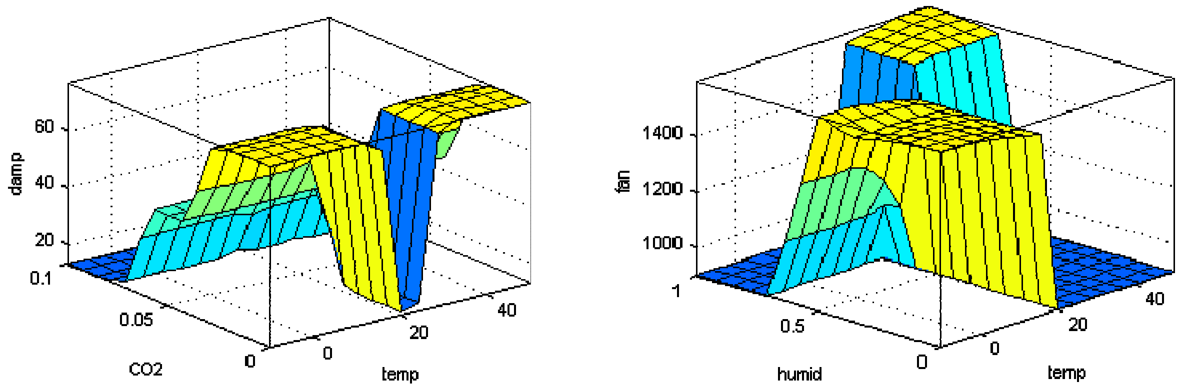
كذلك قمنا بوضع مجموعة قواعد والتي تحكم تغيرات برامترات الدخل وبرامترات الخرج (أجهزة التنفيذ) للمتحكم العائم:

1. If (temp is cold) and (humid is Low) and (CO_2 is Low) then (fan is speed) and (Vhc is open) and (damp is Close) and (spray is class2) and (Vcc is close).
2. If (temp is cold) and (humid is Low) and (CO_2 is Normal) then (fan is speed) and (Vhc is open) and (damp is half) and (spray is class2) and (Vcc is close).
3. If (temp is cold) and (humid is Low) and (CO_2 is High) then (fan is speed) and (Vhc is open) and (damp is Open) and (spray is class2) and (Vcc is close).
4. If (temp is cold) and (humid is Normal) and (CO_2 is Low) then (fan is speed) and (Vhc is open) and (damp is Close) and (spray is class1) and (Vcc is close).
5. If (temp is cold) and (humid is Normal) and (CO_2 is Normal) then (fan is speed) and (Vhc is open) and (damp is half) and (spray is class1) and (Vcc is close).

6. If (temp is cold) and (humid is Normal) and (CO_2 is High) then (fan is speed) and (Vhc is open) and (damp is Open) and (spray is stop) and (Vcc is close).
7. If (temp is cold) and (humid is High) and (CO_2 is Low) then (fan is speed) and (Vhc is open) and (damp is Close) and (spray is stop) and (Vcc is close).
8. If (temp is cold) and (humid is High) and (CO_2 is Normal) then (fan is speed) and (Vhc is open) and (damp is half) and (spray is stop) and (Vcc is close).
9. If (temp is cold) and (humid is High) and (CO_2 is High) then (fan is speed) and (Vhc is open) and (damp is Open) and (spray is stop) and (Vcc is close).
10. If (temp is normal) and (humid is Low) and (CO_2 is Low) then (fan is Slow) and (Vhc is close) and (damp is Close) and (spray is class1) and (Vcc is close).
11. If (temp is normal) and (humid is Low) and (CO_2 is Normal) then (fan is Slow) and (Vhc is close) and (damp is Half) and (spray is stop) and (Vcc is close).
12. If (temp is normal) and (humid is Low) and (CO_2 is High) then (fan is Speed) and (Vhc is close) and (damp is Open) and (spray is stop) and (Vcc is close).
13. If (temp is normal) and (humid is Normal) and (CO_2 is Low) then (fan is Stop) and (Vhc is close) and (damp is Open) and (spray is stop) and (Vcc is close).
14. If (temp is normal) and (humid is Normal) and (CO_2 is Normal) then (fan is Slow) and (Vhc is close) and (damp is Half) and (spray is stop) and (Vcc is close).
15. If (temp is normal) and (humid is Normal) and (CO_2 is High) then (fan is Speed) and (Vhc is close) and (damp is Open) and (spray is stop) and (Vcc is close).
16. If (temp is normal) and (humid is High) and (CO_2 is Low) then (fan is Slow) and (Vhc is close) and (damp is Close) and (spray is stop) and (Vcc is close).
17. If (temp is normal) and (humid is High) and (CO_2 is Normal) then (fan is Slow) and (Vhc is close) and (damp is Half) and (spray is stop) and (Vcc is close).
18. If (temp is normal) and (humid is High) and (CO_2 is High) then (fan is Speed) and (Vhc is close) and (damp is Open) and (spray is stop) and (Vcc is close).
19. If (temp is Hot) and (humid is Low) and (CO_2 is Low) then (fan is Slow) and (Vhc is close) and (damp is Close) and (spray is Class2) and (Vcc is Open).
20. If (temp is Hot) and (humid is Low) and (CO_2 is Normal) then (fan is Slow) and (Vhc is close) and (damp is Half) and (spray is Class2) and (Vcc is Open).
21. If (temp is Hot) and (humid is Low) and (CO_2 is High) then (fan is Speed) and (Vhc is close) and (damp is Open) and (spray is Class2) and (Vcc is Open).
22. If (temp is Hot) and (humid is Normal) and (CO_2 is Low) then (fan is Slow) and (Vhc is close) and (damp is Close) and (spray is Class1) and (Vcc is Open).
23. If (temp is Hot) and (humid is Normal) and (CO_2 is Normal) then (fan is Slow) and (Vhc is close) and (damp is Half) and (spray is Class1) and (Vcc is Open).
24. If (temp is Hot) and (humid is Normal) and (CO_2 is High) then (fan is Speed) and (Vhc is close) and (damp is Open) and (spray is Class2) and (Vcc is Open).
25. If (temp is Hot) and (humid is High) and (CO_2 is Low) then (fan is Slow) and (Vhc is close) and (damp is Close) and (spray is Stop)
26. If (temp is Hot) and (humid is High) and (CO_2 is Normal) then (fan is Slow) and (Vhc is close) and (damp is Half) and (spray is Stop) and (Vcc is Open).

27. If (temp is Hot) and (humid is High) and (CO_2 is High) then (fan is Speed) and (Vhc is close) and (damp is Open) and (spray is Stop) and (Vcc is Open).

- يمكن توضيح سلوك النظام من السطح المتوقع لقواعد متحكم المنطق العائم AHUSA2، (الشكل ١-١٨).

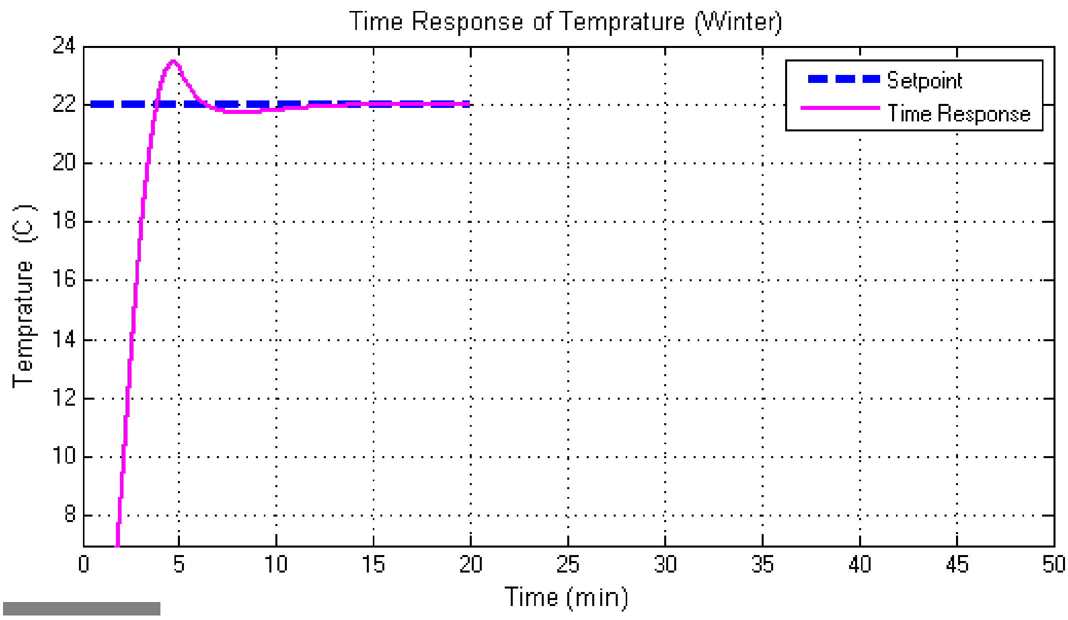


الشكل(١-١٨): السطح المتوقع لقواعد التحكم الــ 27 لمتحكم المنطق العائم.

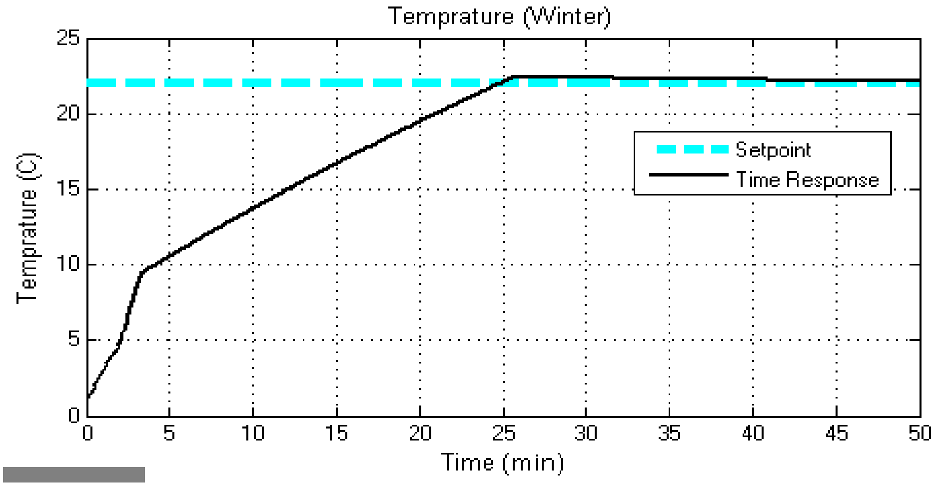
يبين الشكل (١-١٨) التناسق بين بارامترات وحدة معالجة الهواء والأدوات التنفيذية، حيث أن المخمد الثلاثي يغلق في حالة أن معدل CO_2 مرتفع بغض النظر عن درجة الحرارة المطلوبة، وكيف أن المروحة تعمل بسرعة زائدة عند درجات حرارة منخفضة ونسبة رطوبة منخفضة أيضاً وكذلك عند درجة حرارة عالية ونسبة رطوبة مرتفعة أيضاً.

١-٥-٥ التحليل والمقارنة:

✓ بمقارنة الاستجابة الزمنية لدرجة حرارة المكان المراد تكييفه بوحدة معالجة الهواء عند استخدام متحكم PID وعند استخدام متحكم منطقي عائم نحصل على ما يلي (الشكل ١- ١٩ والشكل ١-٢٠):



الشكل (١-١٩): الاستجابة الزمنية للتحكم بدرجة الحرارة باستخدام المتحكم الــ PID .

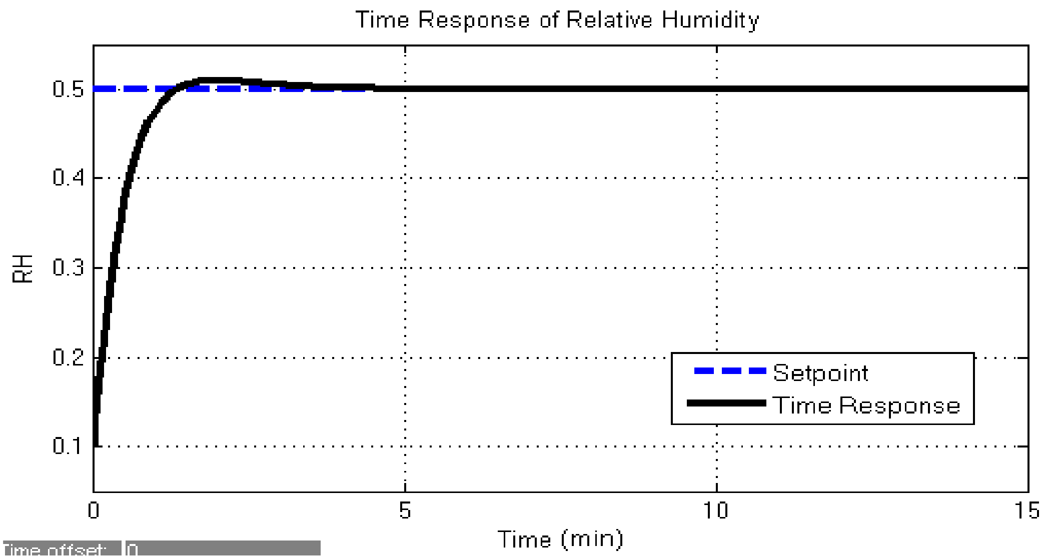


الشكل (١-٢٠): الاستجابة الزمنية لدرجة حرارة المكان المكيف باستخدام متحكم المنطق العائم.

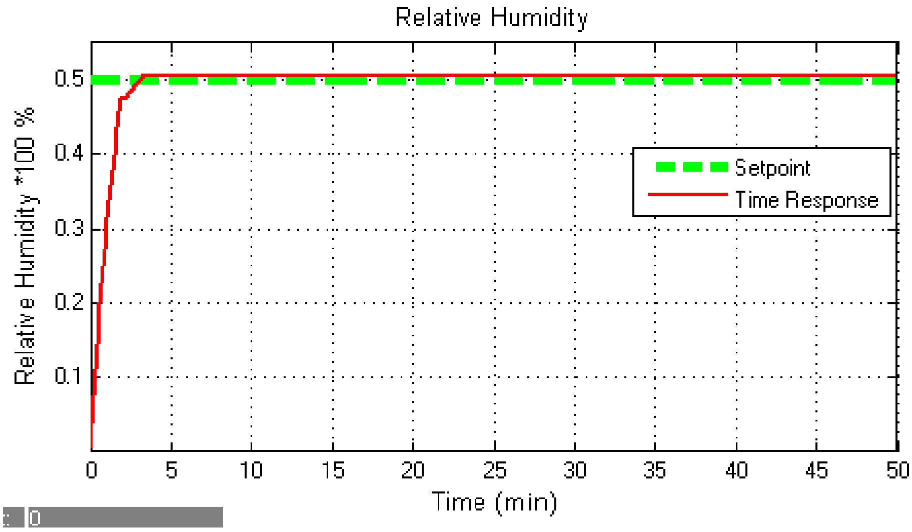
نلاحظ من الشكل (١-١٩) الاستجابة الزمنية للتحكم بدرجة الحرارة أن أداء النظام باستخدام متحكم الـــ PID يؤدي أداءً جيداً في التحكم بدرجة الحرارة ويصل بالنظام إلى حالة الاستقرار بعد 13 دقيقة مترافقاً بتجاوز للعتبة 6.82% ثم يحافظ على استقراره ودون الأخذ بعين الاعتبار التحكم ببقية البارامترات.

أما باستخدام متحكم المنطق العائم (الشكل ١-٢٠) فإن النظام يؤدي أداءً جيداً في التحكم بدرجة الحرارة ويصل بالنظام إلى حالة الاستقرار بعد 25 دقيقة أي يرفع درجة الحرارة تدريجياً مما يعود بالفائدة على فيزيولوجية جسم الإنسان وبدون تجاوز للعتبة ويحافظ على استقراره ولكن مع الأخذ بعين الاعتبار التحكم ببقية البارامترات.

- ✓ بمقارنة الاستجابة الزمنية للرطوبة النسبية لهواء المكان المراد تكييفه بوحدة معالجة الهواء عند استخدام متحكم PID وعند استخدام متحكم منطقي عائم نحصل على ما يلي (الشكل ١- ٢١ والشكل ١-٢٢):



الشكل (١-٢١): الاستجابة الزمنية للتحكم بالرطوبة النسبية باستخدام المتحكم الــPID.

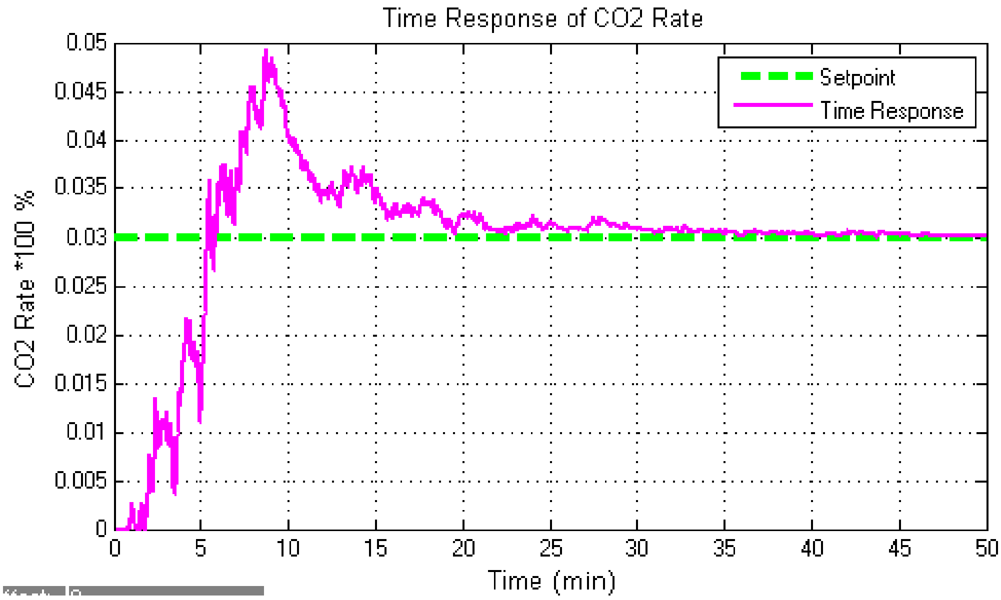


الشكل (١-٢٢) الاستجابة الزمنية للرطوبة النسبية في المكان المكيف باستخدام متحكم المنطق العائم.

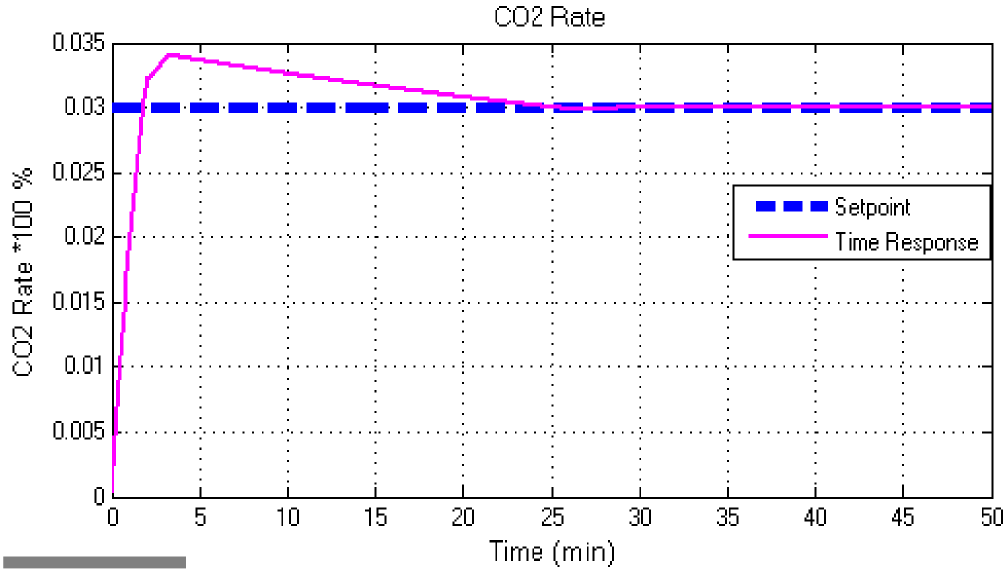
نلاحظ من الشكل (١-٢١) الاستجابة الزمنية للتحكم بالرطوبة النسبية أن أداء النظام باستخدام متحكم الـــPID يؤدي أداءً جيداً في التحكم بالرطوبة النسبية ويصل بالنظام إلى حالة الاستقرار بعد 3 دقائق مترافقاً بتجاوز للعتبة 2% ويحافظ على استقراره ودون الأخذ بعين الاعتبار التحكم ببقية البارامترات.

أما باستخدام متحكم المنطق العائم (الشكل ١-٢٢) فإن النظام يؤدي أداءً جيداً في التحكم بالرطوبة النسبية ويصل بالنظام إلى حالة الاستقرار بعد 2.5 دقيقة ودون تجاوز للعتبة ويحافظ على استقراره مع الأخذ بعين الاعتبار التحكم ببقية البارامترات.

✓ بمقارنة الاستجابة الزمنية لمعدل CO_2 لهواء المكان المراد تكييفه بوحدة معالجة الهواء عند استخدام متحكم PID وعند استخدام متحكم منطقي عائم نحصل على ما يلي (الشكل ١- ٢٣ والشكل ١-٢٤):



الشكل (١-٢٣): الاستجابة الزمنية للتحكم بمعدلCO2 في هواء المكان المكيف باستخدام المتحكم الـــPID .



الشكل (١-٢٤): الاستجابة الزمنية لمعدل CO2 في هواء المكان المكيف باستخدام متحكم المنطق العائم.

نلاحظ من الشكل (١-٢٣) الاستجابة الزمنية للتحكم بمعدل CO2 أن أداء النظام باستخدام متحكم الـــ PID لا يؤدي أداءً مقبولاً في التحكم بمعدل CO2 ويصل بالنظام إلى حالة الاستقرار بعد 28 دقيقة مترافقاً بتجاوز للعتبة يصل حتى 66.66% مما يؤثر تأثيراً سلبياً على راحة الأشخاص ثم يحافظ على استقراره ودون الأخذ بعين الاعتبار التحكم ببقية البارامترات.

أما باستخدام متحكم المنطق العائم (الشكل ١-٢٤) فإن النظام يؤدي أداءً جيداً في التحكم بمعدل CO2 ويصل بالنظام إلى حالة الاستقرار بعد 22 دقيقة مترافقاً بتجاوز بسيط جداً للعتبة 13.33% ليس له أي تأثير على راحة الأشخاص ويحافظ على استقراره مع الأخذ بعين الاعتبار التحكم ببقية البارامترات.

مما سبق نلاحظ أن تطبيق المتحكم الـــPID للتحكم بالعوامل الثلاثة للمكان المكييف يؤدي أداءً جيداً كلاً بمفرده وذلك بإيجاد تابع انتقال يساعد في التحكم بمتغير واحد لا غير.

إلا أننا وجدنا أن أداء النظام في حالة تعيير العوامل مع بعضها يعطينا جملة من الأسئلة:

- كيف يتم التوفيق بين درجة حرارة منخفضة ورطوبة عالية (الضباب) ؟
- كيف يتم التوفيق بين درجة حرارة عالية ورطوبة منخفضة ؟
- كيف يتم التوفيق بين نسبة عالية للهواء الفاسد والتحكم بدرجة الحرارة الرطوبة النسبية ؟

وبالتالي فإننا نحتاج إلى متحكم آخر للتحكم بأداء متحكمات PID الثلاثة السابقة الذكر والتوفيق بين بارامترات المتحكمات للحصول على أفضل أداء ممكن للتحكم بدرجة الحرارة وبالرطوبة النسبية وبمعدل CO2 بآنٍ واحد.

استطعنا باستخدام متحكم منطقي عائم واحد أن نحصل على الأداء المطلوب من وحدة معالجة الهواء مع الـــتحكم بكافة بارامترات المنظومة بآنٍ واحد مع الأخذ بعين الاعتبار كافة التحذيرات (وجود هواء فاســـد بنســـبة عاليـــة مثلاً).

كذلك تم باستخدام متحكمات المنطق العائم إلغاء تجاوز العتبة تقريباً، مما يجعل التجهيزات تعمل بمرونة واحتياط ربح أكبر.

تعمل متحكمات الـ PID بشكل ناعم إذا كانت العملية الخاضعة للتحكم في حالة الاستقرار، أما في الحالات الأخرى التالية:

– وجود اضطرابات شديدة (لاخطية) كما في حالة التحكم بمعدل CO_2 .

– تعدد البارامترات واختلافها أثناء عملية التحكم (لاخطية).

فإن هذه المتحكمات لا تعطي النتائج التقنية المطلوبة، والسبب في ذلك أن المتحكم PID يفترض أن العملية تتصرف بأشكال خطية تماماً، وهذا التبسيط (من اللاخطية إلى الخطية) يمكن فعله في الحالة المستقرة، بينما الاضطرابات الشديدة يمكن أن تدفع نقطة العمل بعيداً عن نقطة تشغيل المجموعة، وبذلك فإن الافتراض الخطي غير فعال غالباً، وهذا يحدث أيضاً أثناء تغير بارامترات التحكم بمرور الوقت.

في الحالات السابقة يعتبر المتحكم المنطقي العائم أفضل من متحكم الـ PID حيث أنه يعتمد المنطق في الحل وليس البيانات الواردة والعلاقات الرياضية المحددة.

١-٦ تجهيزات الــDDC لمستوى الأتمتة المستخدمة في التحكم بالنظم الميكانيكية:



الشكل(١-٢٥): متحكم FX15 - DDC

تم الاعتماد على المتحكم الحقلي العالي الأداء FX15 (الشكل١-٢٥) من إنتاج شركة جونسون في تصميمات التحكم بتجهيزات HVAC ووحدات معالجة الهواء وتطبيقات التبريد مثل المبرِّدات والوحدات العلوية السقفية.

للمتحكم FX15 سبع وعشرون منفذ دخل وخرج ومدعم بمجال عريض من حساسات درجة الحرارة وأجهزة التشغيل، ويمكن إضافة حتى 64 منفذ من المداخل والمخارج وذلك بإضافة موسعات XT/XP على خط شبكة اتصالات مستوى الأتمتة N2 .

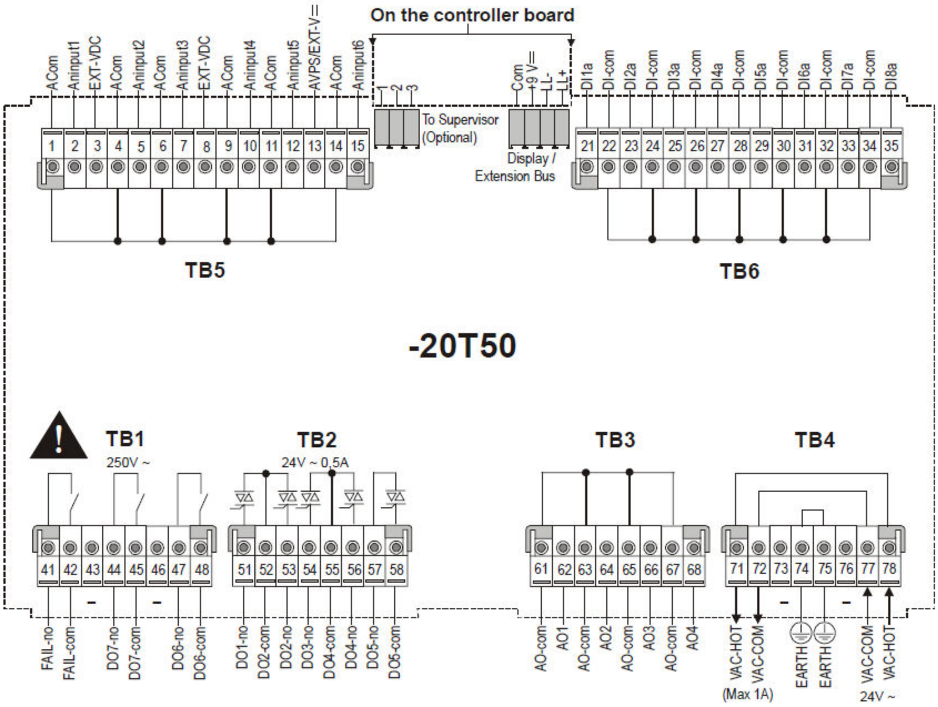
إن المتحكم FX15 قابل للبرمجة، أو قابل للتشكيل، باستخدام حزمة البرمجة لأدوات FX من أجل تطبيقات التبريد وHVAC . يمكن أن يجهز المتحكم FX15 ببطاقة اتصال اختيارية للتكامل مع N2 أو نظام أتمتة المباني المتوافق LONWORKS .

أيضاً يحتوي FX15 في داخله على ساعة تعمل بالزمن الحقيقي تقريباً لدعم جدولة الإقلاع والتوقف للتجهيزات وتسلسل التحكم المعتمد على الزمن [7].

١-٦-١ مداخل ومخارج (I/O) المتحكم FX15:

يمكن توصيل حتى ٢٧ مدخل ومخرج لــ FX15 (الشكل ١-٢٦):

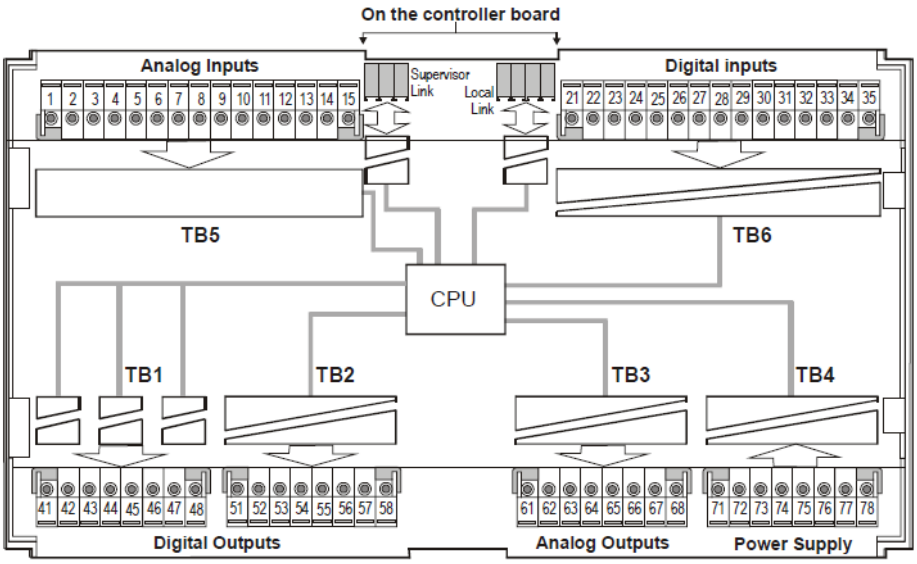
- ٦ مداخل تشابهية (AI).
- ٨ مداخل رقمية (ثنائية) (DI) – للتماسات ذات الجهود الحرة.
- ٩ مخارج رقمية (DO) (٤حواكم و ٥ ترياك– ٢٤ جهد متناوب).
- ٤ مخارج تشابهية (0-10V) (AO).



الشكل (١-٢٦): مخطط توصيل المتحكم FX15.

١-٦-٢ مخطط العازلية:

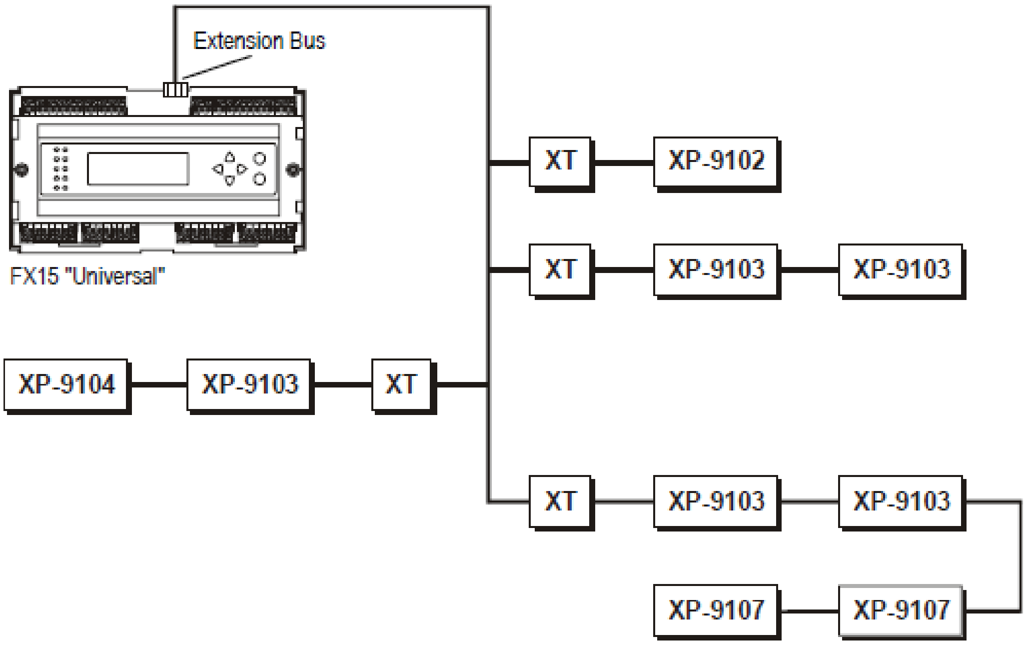
كافة مداخل ومخارج المتحكم FX15 معزولة عن جهد التغذية 24V (الشكل ١-٢٧).



الشكل (١-٢٧): مخطط العازلية.

١-٦-٣ موسعات I/Os:

إذا لم تكف أعداد المداخل والمخارج للتحكم بالنظام فيمكن إضافة موسعات لها من نماذج 91(XT/XP) والتي يمكن توصيلها إلى مسار (Bus) FX15XT ، وهذه نماذج الموسعات التي يمكن توصيلها (الشكل ١-٢٨):



الشكل (١-٢٨): مثال عن التوصيل الأعظمي للموسعات.

XP-9102 6 universal AIs + 2 AOs
XP-9103 8 DOs (triacs)
XP-9104 4 DIs + 4 DOs (triacs)
XP-9105 8 DIs

XP-9106 4 DOs (Relays)
XT-9100 Communication module to FX15
والسعة الأعظمية للموسعات التي يمكن إدارتها من قبل FX15 هي 4XTs و 16 I/Os لكل XT أي أن العدد الأعظمي للمداخل والمخارج التي يمكن التوسع بها (64 I/Os) .

١-٦-٤ واجهات الاتصال:

يملك FX15 وصلتي اتصال: واحدة تدعى وصلة المشرف: توصل إلى N2 أو LON. والأخرى تدعى الوصلة المحلية وتستخدم عادة لتوصيل المتحكم مع شاشات عرض بعيدة لـــ FX أو لتوصيل الموسعات والتي يمكن مراقبتها والتحكم بها بواسطة الجهاز XT-9100.

١-٦-٥ البرامج والتشكيلات:

إن المتحكم FX15 قابل للبرمجة تماماً تحت برامج مصرح بها من قبل شركة جونسون FX-Tools . أما إذا اتبعت البرامج المعدة للتطبيقات المختلفة فيمكن عندها التخلص من أي لغة برمجة، وذلك بفضل وجود مكتبات برامج للتطبيقات المختلفة ولكن بعد التصريح بالاستخدام من قبل شركة جونسون.

إن التطبيقات المتوفرة في FX-Tools هي:

FX AppMaker: لإظهار وتفصيل تطبيق التحكم والصورة العامة للشبكة، (الملحق١).

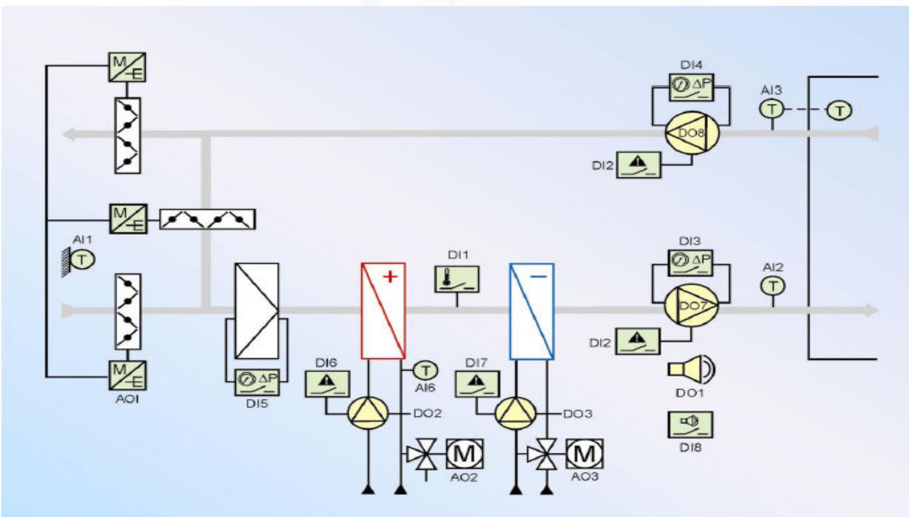
FX UImaker: لتحديد كيفية عرض البيانات بإحدى عروض FX ، (الملحق١).

FX-Simulator: لاختبار وتنقيح التطبيق على PC قبل التطبيق على الأجهزة العملية، (الملحق١).

FX-Loader: للتحميل إلى المتحكم، باستخدام أحد البرتوكولات N2open, LON, BACnet MSTP (الملحق١).

FX CommPro: للتحكم الكامل بالصورة العامة للشبكة (الملحق١).

١-٦-٦ تطبيق نموذجي على وحدة معالجة الهواء (الشكل١-٢٩):



الشكل (١-٢٩): تطبيق نموذجي للمتحكم FX15 على وحدة معالجة الهواء.

والجدول (١-٢) يبين ارتباطات مداخل ومخارج المتحكم FX15 إلى عناصر وحدة معالجة الهواء.

الجدول(١-٢): مداخل ومخارج المتحكم FX15.

I/O	الوصف
AI1	درجة حرارة الهواء الخارجي
AI2	درجة حرارة هواء التغذية
AI3	درجة حرارة هواء المكان درجة حرارة هواء العادم
AI6	درجة حرارة الماء الساخن المتدفق إلى الملف
DI1	ثيرموستات البرودة
DI2	إشارة العمل المشتركة للمروحة
DI3	إشارة مقياس الضغط التفاضلي عن تعطل تدفق الهواء من مروحة التغذية
DI4	إشارة مقياس الضغط التفاضلي عن تعطل تدفق الهواء من مروحة الخروج
DI5	حساس المرشح
DI6	تعطل دارة التدفئة
DI7	تعطل دارة التبريد
DI8	الإنذار العام
AO1	مشغلات المخمد
AO2	مشغل صمام التسخين
AO3	مشغل صمام التبريد
DO1	الإنذار العام
DO2	مضخة ماء التدفئة
DO3	مضخة ماء التبريد الخيار الأول: المرحلة الأولى للضاغط
DO4	الخيار الأول: المرحلة الثانية للضاغط الخيار الثاني: ضاغط الطرد المركزي
DO5	خيار المرحلة الثانية لمروحة التغذية
DO6	خيار المرحلة الثانية لمروحة الخروج
DO7	مروحة التغذية
DO8	مروحة الخروج

١-٧ النتائج والمناقشة:

يعتبر انتقاء عناصر منظومةُ إدارة المباني والتحكم بها الحديثة والموثوقة والتي تلبي طلبات المستهلكين وتوافقها مع بعضها البعض هام جداً، للحصول على نتائج مثالية للتحكم بالمنظومات المركبة في المبنى ومراقبتها، وبإدخال متحكمات المنطق العائم تجعل المنظومات تتمتع بسمات الذكاء الصنعي، وقابلية التوسع والاتصال مع منظومات أخرى ضمن المبنى ومباني أخرى نتيجة إمكانية استخدام متحكمات المنطق العائم الحواسيب والبيانات الرقمية والأسلوب المعرفي في التحكم بسلوك المنظومات.

تم اختيار أن تكون أدوات الـ BMS التنفيذية مصنعة من قبل إحدى الشركتين Johnson Controls, Inc (JCI) أو Siemens Building Technologies, Ltd (SBT) حيث أن الشركتان تفيان بالمعايير العالمية لنظام الـ BMS والبرتوكولات ANSI/ASHRAE Standard 135-2001 BACnet, LONWORKS.

وتملكان أفضل كوادر علمية للعمل على تطوير وتصميم تجهيزات الـ BMS، واستثمار وصيانة منتشرة في أغلب دول العالم.

تم نمذجة الحالات التالية باستخدام البيئة البرمجية Matlab:

١- نمذجة نظام التحكم بمتغيرات وحدات معالجة الهواء (درجة حرارة، الرطوبة النسبية، معدل غاز ثاني أكسيد الكربون) باستخدام متحكمات PID.

٢- نمذجة نظام التحكم بمتغيرات وحدات معالجة الهواء (درجة حرارة، الرطوبة النسبية، معدل غاز ثاني أكسيد الكربون) باستخدام المتحكم المنطقي العائم.

تم الحصول على النتائج التالية:

١- تبين لنا بالمقارنة بين سمات البارامترات الأساسية باستخدام متحكم PID والمتحكم FLC البيانات التالية:

المتحكم	درجة الحرارة	الرطوبة النسبية	معدل CO_2
زمن الاستقرار (PID) (min)	13	3	28
زمن الاستقرار (FLC) (min)	25	2.5	22
تجاوز العتبة % (PID)	6.82	2	66.66
تجاوز العتبة % (FLC)	0	0	13.33
متحكم PID	يتحكم ببارامتر واحد دون الأخذ بعين الاعتبار تغييرات البارامترات الأخرى لوحدة معالجة الهواء		
متحكم المنطق العائم	يتحكم بجميع بارامترات وحدة معالجة الهواء مع الأخذ بعين الاعتبار تغييرات هذه البارامترات		

٢- تبين من خلال الدراسة والبحث أن أتمتة المنظومات الخدمية باستخدام المتحكمات الرقمية المباشرة DDC التي يدخل في تكوينها متحكمات PID تفي بطلبات الشاغلين بشكل جيد دون الأخذ بعين الاعتبار استهلاك الطاقة وتلوث البيئة. أما باستخدام التحكم المنطقي العائم فإن طلبات الشاغلين تلبى بشكل أفضل.

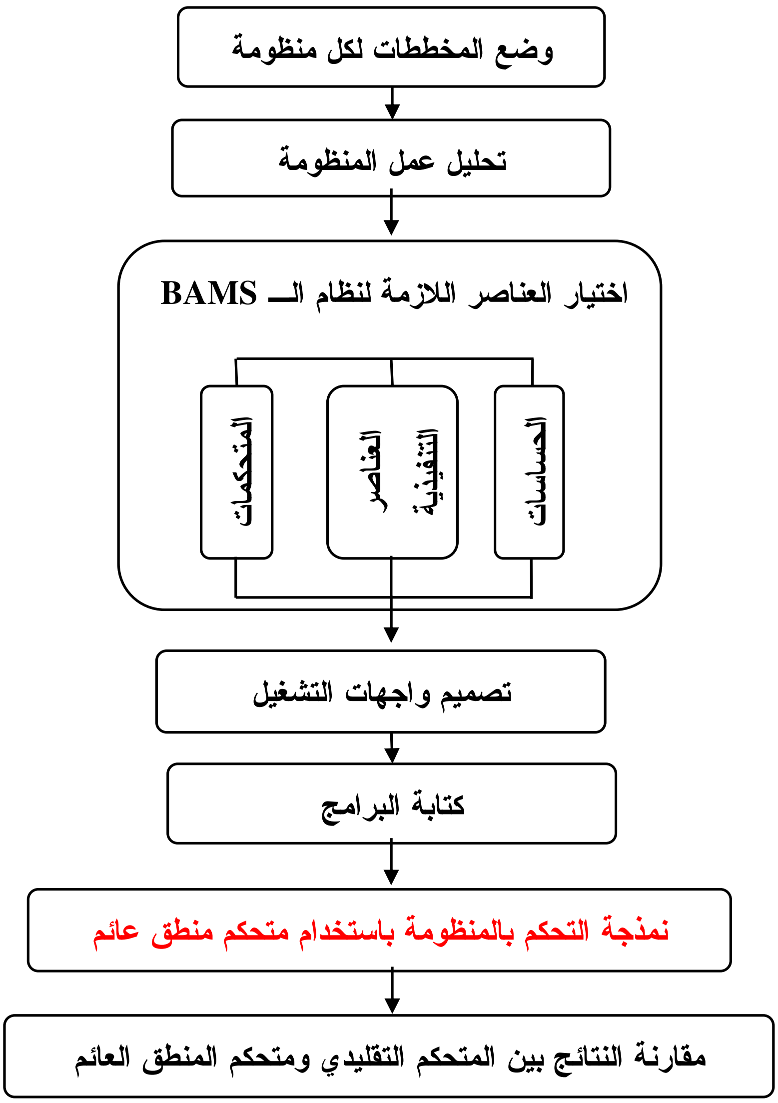
الفصل الثاني

الدراسة التصميمية للتحكم والمراقبة (BAMS) بوحدات معالجة الهواء (AHUs).

Designed Study of Control and Mentoring (BAMS) for Air Handling Units.

٢-١ مقدمة:

يبحث هذا الفصل في تصميم نظام التحكم والمراقبة بوحدات معالجة الهواء (AHUs) من أجل إدخالها في نظام إدارة البناء (BMS) باستخدام تجهيزات التحكم الحديثة DDC (حساسات لمجموعة بارامترات وحدة معالجة الهواء



ومتحكم FX15 ومحركات ومشغلات وصمامات كأدوات تنفيذية وحساسات للإنذارات المطلوبة) (الملحق ٢-١) حيث يوجد في المجمع البلدي 13 وحدة معالجة للهواء مختلفة الاستطاعة والحجم والتكوين، ونمذجة التحكم بوحدة معالجة الهواء وأتمتها باستخدام أسلوب التحكم المنطقي العائم، أي إيجاد توابع الانتماء لمداخل ومخارج المتحكم وقواعد سلوكه للتحكم بوحدات معالجة الهواء بعد ما تبين لنا أفضليته على المتحكم PID في الفصل الأول عند تطبيقه على وحدات معالجة الهواء.

من أجل إنجاز البحث اتبعنا المنهجية التالية للوصول إلى المطلوب.

يتضمن الفصل:

١. **وضع الرسم التخطيطي للنظام:** حيث تم وضع مخططات عامة لوحدات معالجة الهواء وتحديد مواقع أدوات التحكم والمراقبة لأنظمة الـــBMS المرتبطة معها.
٢. **وضع جداول النهايات الحقلية (بارامترات التحكم):** حيث يتم تحديد المداخل الرقمية والتشابهية والمخارج الرقمية والتشابهية، والترابطات والإنذارات المحتملة، وبالحد الأدنى من البارامترات والتي يجب توصيلها إلى نظام الـــBMS .
٣. **شرح تسلسل تشغيل الـــ BMS للنظام:** حيث تتضمن عرضاً عن تشغيل النظام الميكانيكي بالتسلسل الطبيعي وكيفية عمل متحكم الـــ BMS.
٤. **التطبيق العملي:** حيث يتم عرض الواجهات الحاسوبية للتطبيق، والبرامج المرتبطة معها، وجميعها من شركة جونسون للتحكم وبرتوكول BACnet.
٥. **وضع نموذج لنظام التحكم الحديث المقترح:** حيث يتم وضع مخططات التحكم والقواعد وسلوك النظام باستخدام متحكمات المنطق العائم (Fuzzy Logic Controllers) بالاعتماد على الحزمة البرمجية الـــMATLAB.

ملاحظة: تم التركيز في التصميم على وحدة المعالجة (AHU3) الأكثر انتشاراً والأوسع بعدد البارامترات، ووحدة الـــ Fan Coil.

٢-٢ وحدة معالجة الهواء ذات حجم هواء ثابت (AHU1).

- **المخطط الهندسي لوحدة المعالجة:**

يبين الشكل (٢-١) مخطط وحدة معالجة الهواء (AHU1) مع أدوات الـــBMS، والتي يجب ربطها معها.

- **جدول ببارامترات التحكم بوحدة معالجة الهواء AHU1:**

انظر الملحق(٢-٢).

- **توقف النظام:**

عندما يتوقف النظام:

١- تتوقف مروحة الراجع (السحب).
٢- تتوقف مروحة التغذية (الإمداد).

٣- تتوقف مضخة ملف التسخين إذا كانت درجة حرارة الهواء الخارجي أعلى من $15\ C^{O}$ وتبقى في حالة تشغيل ما دامت درجة حرارة الهواء الخارجي أخفض من $15\ C^{O}$.

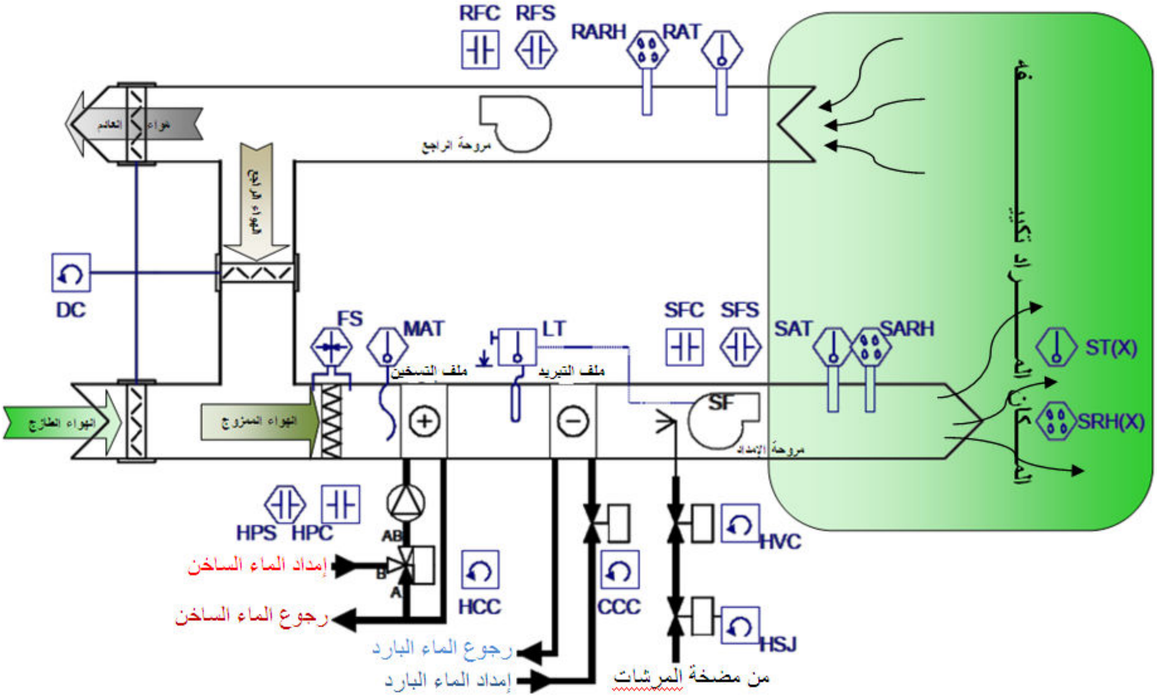
٤- مخمدات المزج على وضعية الرجوع الكامل.

٥- صمامات ملف التبريد مغلقة.

٦- صمامات ملف التسخين مغلقة لمنع تدفق الماء من خلالها إلى الملف.

٧- صمام مرطب التبخير مغلق.

٨- حلقات التحكم بالنظام غير مفعّلة.



الشكل (٢-١): مخطط وحدة معالجة الهواء (AHU1) مع أدوات الـــBMS.

- **جداول التشغيل لهذا النظام في حالة المشغولية:**

تحدد من قبل مستخدمي النظام.

- **إقلاع النظام:**

عند إقلاع النظام:

١- تقلع مروحة السحب مع توضع صمامات المزج على وضعية الرجوع الكامل.

٢- بعد التثبت من تشغيل مروحة السحب وبعد زمن تأخير ــ يوضع مبدئياً دقيقة واحدة ــ تقلع مروحة التغذية.

٣- بعد التثبت من تشغيل مروحة التغذية وبعد زمن تأخير ــ يوضع مبدئياً دقيقتين ــ تتوضع مخمدات

المزج على الوضعية الدنيا للهواء الخارجي، وتفعّل حلقات التحكم.

• **تشغيل النظام:**

عند تشغيل النظام:

١- تنظم مخمدات المزج طبقاً لإشارة التحكم بالمخمدات.

٢- تنظم مخمدات المزج بالتوازي مع صمام ملف التسخين وصمام ملف التبريد للإبقاء على درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية.

ملاحظة: يعاد ضبط درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية طبقاً لمتطلبات التصميم.

٣- يتم تجاوز التحكم بمواضع مخمد المزج بالاستناد على الحسابات الديناميكية لهواء المزج.

٤- تقلع وتتوقف مضخة ملف التسخين بواسطة الـــBMS بالاستناد على وضعية صمام ملف التسخين. تقلع المضخة عند الطلب في دور التسخين، أي عندما يكون صمام التسخين مفتوحاً، وتتوقف عندما يغلق الصمام.

ملاحظة: يؤخذ بالاعتبار إقلاع المضخة وتوقيفها بأقل عدد من المرات وذلك لمنع التكرار.

٥- يقوم الـــBMS بتفعيل التحكم بمرطب التبخير عند طلب الترطيب (إذا كان التبريد غير مطلوب). يفتح الـــBMS صمام البخار ذو الوضعين للمرطب بالتزامن مع تشغيل مروحة التغذية في وحدة المعالجة (صمام ملف التبريد مغلق)، وبعد فتح صمام البخار، سيفعّل الـــ BMS تحكم التنظيم الآلي بصمام بخار المرطب، يقوم الـــ BMS بتنظيم عمل صمامات بخار المرطب للإبقاء على الرطوبة النسبية المرجعية للمنطقة، والتي تؤخذ كمتوسط لقيم حساسات الرطوبة النسبية في مواقع المنطقة المختلفة، وتعدل القيمة المرجعية للرطوبة النسبية طبقاً لدرجة حرارة الهواء الخارجي أو المكان وفق ما يلي:

درجة حرارة الهواء الخارجي	الرطوبة النسبية المرجعية للمكان
-10 C^O	35%
25 C^O	50%

يراقب الـــ BMS الرطوبة النسبية لهواء التغذية، حيث يحدد وضعية صمام البخار للإبقاء على الرطوبة النسبية لهواء التغذية أقل من 80%، ويولد إنذاراً وتغلق صمام البخار إذا وصلت الرطوبة النسبية إلى 85% فما فوق لمدة أكثر من عشرة دقائق [17, 18].

• **إغلاق النظام:**

عند إغلاق النظام:

١- يغلق النظام آلياً من قبل الـــBMS طبقاً لجداول التشغيل، أو من قبل المشغل اليدوي، أو عن طريق التجهيزات المترابطة معه.

٢- بعد إغلاق النظام يعيد الـــBMS النظام إلى الوضع OFF (كما في فقرة توقف النظام).

٣- يغلق الــBMS مروحة التغذية ويضع مخمدات المزج على وضعية الرجوع الكامل، ويولد رسالة إنذار مناسبة في حال اكتشاف أن درجة حرارة هواء التغذية أو الهواء الممزوج أقل من $5C^O$ ، وعندها ستبقى مروحة السحب في حالة عمل.

ملاحظة: لا تفعل سلسلة إغلاق برامج BMS خلال العشر دقائق الأولى من إقلاع النظام.

- **ترابطات المكونات الصلبة لنظام الــBMS:**

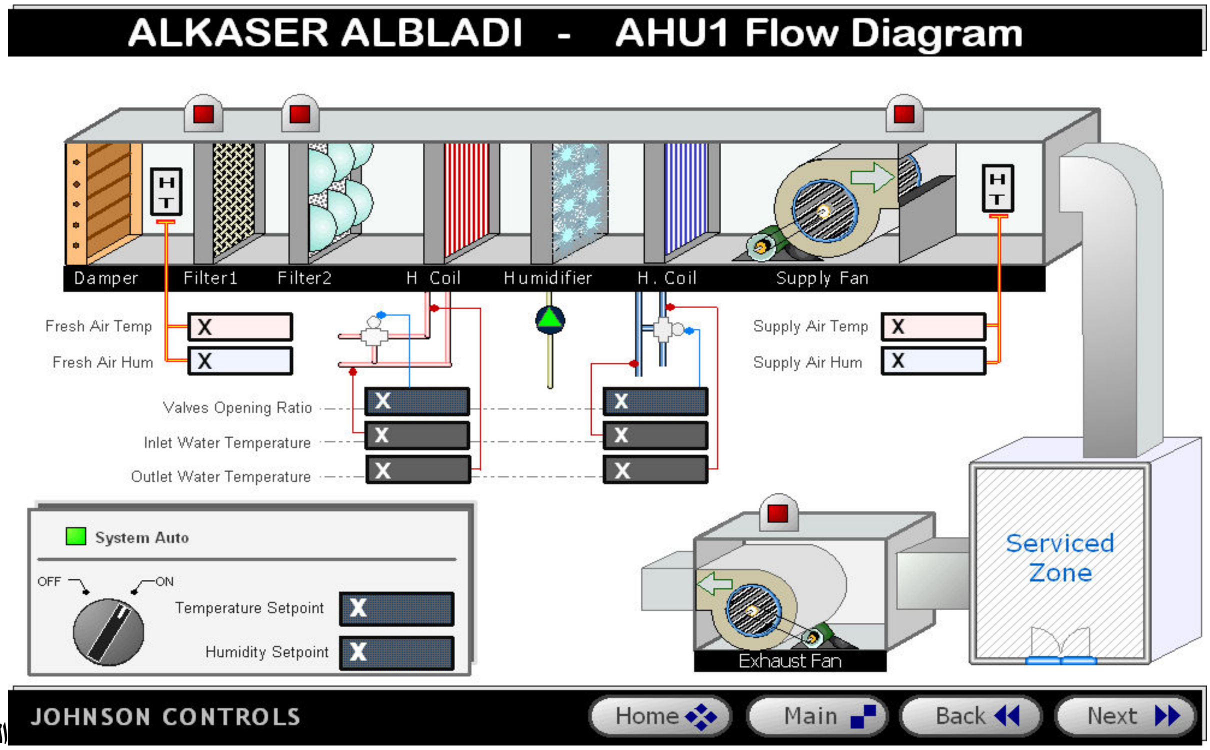
١- يترابط جهاز كشف الحرارة المنخفضة مع المكونات الصلبة لإغلاق مروحة التغذية ويضع مخمدات المزج على وضعية الرجوع الكامل، ويبقى هذا الوضع قائماً ما دامت درجة حرارة الهواء في المجاري $5C^O$ أو أقل، مع إبقاء مروحة الراجع في حالة عمل، ويمكن الإعادة إلى الوضع الابتدائي يدوياً، وإلا سيبقى BMS يراقب جهاز كشف الحرارة المنخفضة ويعلن إنذاراً عن اكتشاف حالة درجة حرارة منخفضة.

٢- تزود المكونات الصلبة بالحد الأعلى للرطوبة النسبية لهواء التغذية من أجل تجاوز تحكم الــBMS بصمام بخار المرطب في حالة أن الرطوبة النسبية لهواء التغذية مرتفعة، وذلك بوضع القيمة المرجعية على RH 90 % ، حيث يبقى صمام الترطيب مغلقاً ما دامت الرطوبة النسبية لم تنخفض 20% تحت قيمة الإنذار، ويتكامل التحكم بالحد الأعلى للرطوبة النسبية مع مجموعة مساعدة من تماسات تشغيل المجفف لمراقبة الإنذار بواسطة الــ BMS [18].

- **التطبيق العملي:**

طبقنا التحكم بوحدة معالجة الهواء **AHU1** باستخدام متحكمات FX15 (جونسون للتحكم) وباعتماد البرمجة FX-AppMaker وبرتوكول BACnet للاتصالات، ثم رسمنا المخطط على واجهة حاسوبية باستخدام برنامج الرسمMicrografx Windows Draw وإظهار البارامترات الأساسية على المخطط (الشكل٢-٢):

١) القيمة المرجعية لدرجة الحرارة Temperature Setpoint قابلة للتغيير.
٢) القيمة المرجعية للرطوبة النسبية Humidity Setpoint قابلة للتغيير.
٣) درجة حرارة الهواء الجديد Fresh Air Temp.
٤) الرطوبة النسبية للهواء الجديد Fresh Air Hum.
٥) معدل فتح الصمامات Valves Opening Ratio.
٦) درجة حرارة الماء الداخل Inlet Water Temperature.
٧) درجة حرارة الماء الراجع Outlet Water Temperature.
٨) درجة حرارة الهواء التغذية Supply Air Temp.
٩) الرطوبة النسبية للهواء التغذية Supply Air Hum.
١٠) أربع حالات إنذار (حالتان عن اتساخ المرشحات، وحالتان عن عمل مروحتي الدفع والسحب).

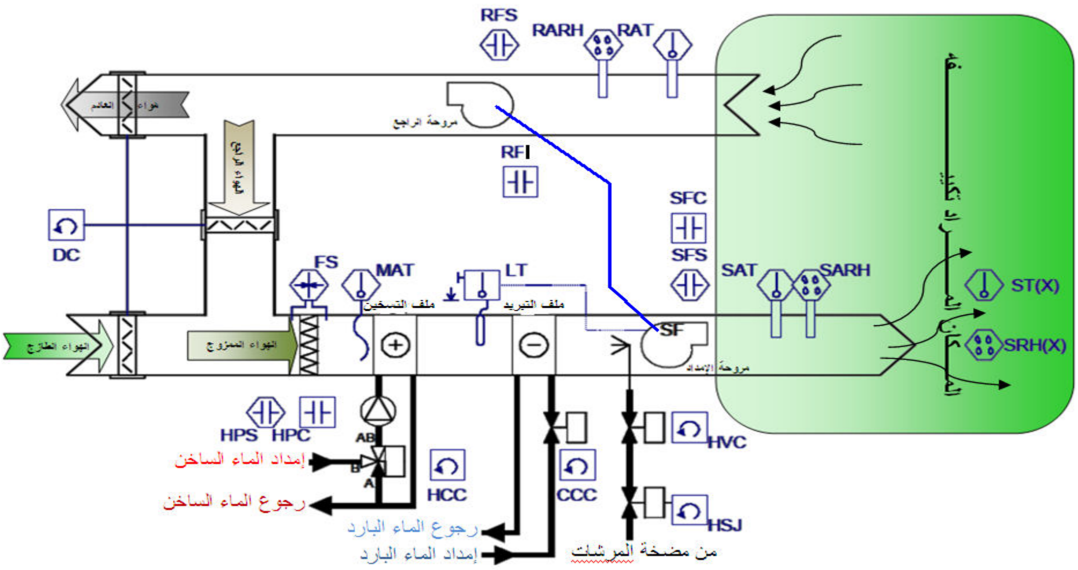


شكل(٢-٢): واجهة المشغل لوحدة معالجة الهواء AHU1.

٢-٣ وحدة معالجة الهواء ذات حجم هواء ثابت – التجهيزات الصلبة مترابطة مع مروحة الراجع (AHU2).

- **المخطط الهندسي لوحدة معالجة الهواء:**

يبين الشكل (٢-٣) مخطط وحدة معالجة الهواء (AHU2) مع أدوات الـــBMS، والتي يجب ربطها معها.



الشكل(٢-٣): مخطط وحدة معالجة الهواء (AHU2) مع أدوات BMS.

- **جدول ببارامترات التحكم بوحدة المعالجة AHU2:**

انظر الملحق(٢-٣).

- **النظام في وضع إطفاء (OFF):**

عندما يكون النظام في وضع OFF:

١- مروحة الراجع في وضع OFF.

٢- مروحة التغذية في وضع OFF.

٣- مضخة ملف التسخين في وضع OFF إذا كانت درجة الحرارة الخارجية أعلى من $15C^{O}$. وتبقى في حالة تشغيل ما دامت درجة حرارة الهواء الخارجي أخفض من $15C^{O}$.

٤- مخمدات المزج على وضعية الرجوع الكامل.

٥- صمامات ملف التبريد مغلقة.

٦- صمامات ملف التسخين مغلقة لمنع التدفق خلالها إلى الملف.

٧- صمام مرطب التبخير مغلق.

٨- حلقات التحكم بالنظام غير مفعَّلة.

- **جداول التشغيل لهذا النظام في حالة المشغولية:**

تحدد من قبل مستخدمي النظام.

- **إقلاع النظام:**

عند إقلاع النظام:

١- تقلع مروحة التغذية مع توضع صمامات المزج على وضعية الرجوع الكامل.

٢- مروحة الراجع مترابطة مع مروحة التغذية في الإقلاع والتوقف. أي إذا كانت مروحة الراجع في حالة ON ستكون مروحة التغذية في حالة ON أيضاً، وإذا كانت مروحة الراجع في حالة OFF ستكون مروحة التغذية في حالة OFF أيضاً.

٣- بعد التثبت من تشغيل مروحة التغذية وبعد زمن تأخير يوضع مبدئياً دقيقتين، تتوضع مخمدات المزج على الوضعية الدنيا للهواء الخارجي، وتفعّل حلقات التحكم.

- **تشغيل النظام:**

عند تشغيل النظام:

١- تنظم مخمدات المزج طبقاً لإشارة التحكم بالمخمدات.

٢- تنظم مخمدات المزج بالتوازي مع صمام ملف التسخين وصمام ملف التبريد للإبقاء على درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية.

ملاحظة: يعاد ضبط درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية طبقاً لمتطلبات التصميم.

٣- يتم تجاوز التحكم بمواضع مخمد المزج بالاستناد على الحسابات الديناميكية لهواء المزج.

٤- تقلع وتتوقف مضخة ملف التسخين بواسطة الـ BMS طبقاً لوضعية صمام ملف التسخين، وتقلع المضخة عند الطلب في دور التسخين، أي عندما يكون صمام التسخين مفتوحاً، وستتوقف عندما يغلق الصمام.

ملاحظة: يؤخذ بالاعتبار إقلاع المضخة وتوقيفها بأقل عدد من المرات وذلك لمنع التكرار.

٥- يقوم الـBMS بتفعيل التحكم بمرطب التبخير عند طلب الترطيب (إذا كان التبريد غير مطلوب)، حيث يفتح الـBMS صمام البخار ذو الوضعين للمرطب بالتزامن مع تشغيل مروحة التغذية في وحدة المعالجة (صمام ملف التبريد مغلق)، وبعد فتح صمام البخار، سيفعّل الـ BMS تحكم التنظيم الآلي بصمام بخار المرطب، ويقوم الـ BMS بتنظيم عمل صمامات بخار المرطب للإبقاء على الرطوبة النسبية المرجعية للمنطقة، والتي تؤخذ كمتوسط لقيم حساسات الرطوبة النسبية في مواقع المنطقة المختلفة، وتعدل القيمة المرجعية للرطوبة النسبية طبقاً لدرجة حرارة الهواء الخارجي أو المكان وفق ما يلي:

درجة حرارة الهواء الخارجي	الرطوبة النسبية المرجعية للمكان
-10 C^{O}	35%
25 C^{O}	50%

يراقب الـ BMS الرطوبة النسبية لهواء التغذية، حيث يحدد وضعية صمام البخار للإبقاء على الرطوبة النسبية لهواء التغذية أقل من 80%، ويولد إنذاراً ويغلق صمام البخار إذا وصلت الرطوبة النسبية إلى 85% فما فوق لمدة أكثر من عشرة دقائق [17, 18].

- **إغلاق النظام:**

١- يغلق النظام آلياً من قبل BMS طبقاً لجداول التشغيل، أو من قبل المشغل اليدوي، أو عن طريق التجهيزات المترابطة معه.

٢- بعد إغلاق النظام يعيد BMS النظام إلى الوضع OFF (كما في فقرة توقف النظام).

٣- يغلق BMS مروحة التغذية ويضع مخمدات المزج على وضعية الرجوع الكامل ويولد رسالة إنذار مناسبة في حال اكتشاف أن درجة حرارة هواء التغذية أو الهواء الممزوج أقل من $5C^{O}$، وعندها ستبقى مروحة الراجع في حالة عمل.

ملاحظة: لا تفعل سلسلة إغلاق برامج BMS خلال العشر دقائق الأولى من إقلاع النظام.

- **ترابطات المكونات الصلبة لنظام BMS:**

١- يترابط جهاز كشف الحرارة المنخفضة مع المكونات الصلبة لإغلاق مروحة التغذية ويضع مخمدات المزج على وضعية الرجوع الكامل، ويبقى هذا الوضع قائماً ما دامت درجة حرارة الهواء في المجاري $5C^{O}$ أو أقل، مع إبقاء مروحة الراجع في حالة عمل، ويمكن الإعادة إلى الوضع الابتدائي يدوياً، وإلا سيبقى BMS يراقب جهاز كشف الحرارة المنخفضة ويعلن إنذاراً عن اكتشاف حالة درجة حرارة منخفضة.

٢- تزود المكونات الصلبة بالحد الأعلى للرطوبة النسبية لهواء التغذية من أجل تجاوز تحكم الــBMS بصمام بخار المرطب في حالة أن الرطوبة النسبية لهواء التغذية مرتفعة، وذلك بوضع القيمة المرجعية على 90 RH % ، حيث يبقى صمام الترطيب مغلقاً ما دامت الرطوبة النسبية لم تنخفض 20% تحت قيمة الإنذار، ويتكامل التحكم بالحد الأعلى للرطوبة النسبية مع مجموعة مساعدة من تماسات تشغيل المجفف لمراقبة الإنذار بواسطة الــ BMS.

- **التطبيق العملي:**

طبقنا التحكم بوحدة معالجة الهواء **AHU2** باستخدام متحكمات FX15 (جونسون للتحكم) وباعتماد البرمجة FX-AppMaker وبرتوكول BACnet للاتصالات، ثم رسمنا المخطط على واجهة حاسوبية باستخدام برنامج الرسم Micrografx Windows Draw وإظهار البارامترات الأساسية على المخطط (الشكل٢-٤):

١) القيمة المرجعية لدرجة الحرارة Temperature Setpoint (قابلة للتغيير).

٢) القيمة المرجعية للرطوبة النسبية Humidity Setpoint (قابلة للتغيير).

٣) درجة حرارة الهواء الجديد Fresh Air Temp.

٤) الرطوبة النسبية للهواء الجديد Fresh Air Hum.

٥) درجة حرارة الهواء في قناة التغذية بعد المرور بالمرشحات Duct Air Temp.

٦) معدل فتح الصمامات Valves Opening Ratio.

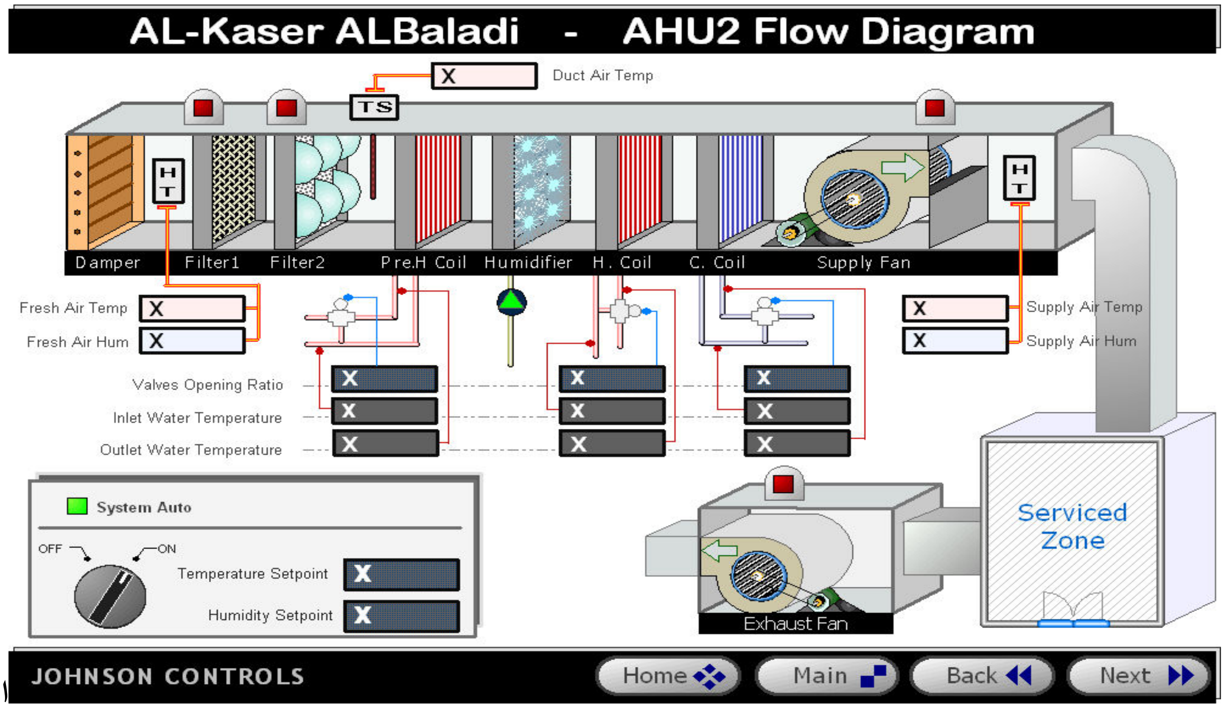
٧) درجة حرارة الماء الداخل Inlet Water Temperature.

٨) درجة حرارة الماء الراجع Outlet Water Temperature.

٩) درجة حرارة الهواء التغذية Supply Air Temp.

١٠) الرطوبة النسبية للهواء التغذية Supply Air Hum.

١١) أربع حالات إنذار (حالتان عن اتساخ المرشحات، وحالتان عن عمل مروحتي الدفع والسحب).

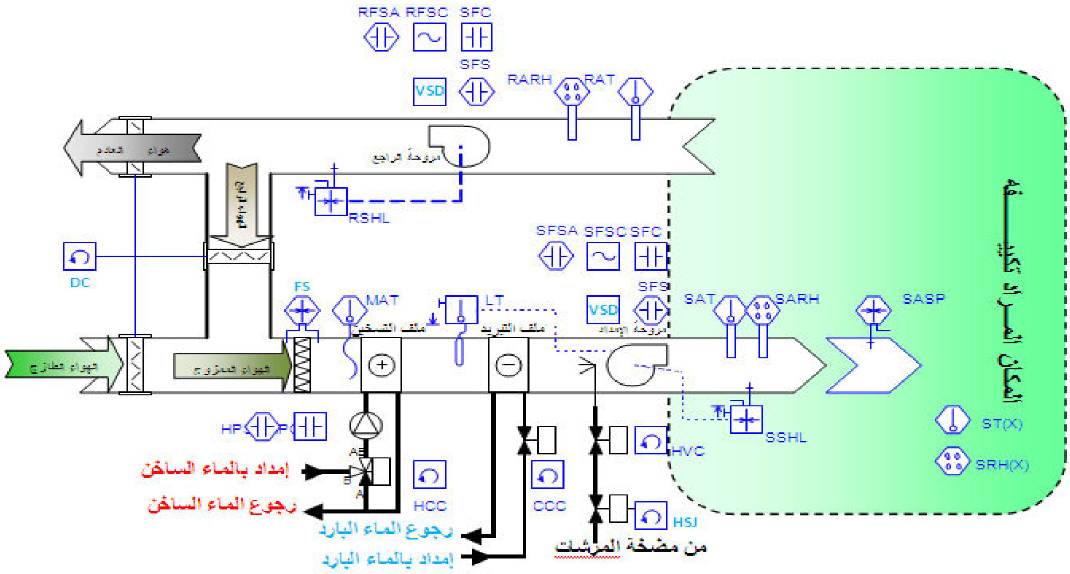


لشكل(٢-٤): واجهة المشغل لوحدة معالجة الهواء AHU2.

٢-٤ وحدة معالجة الهواء ذات حجم هواء متغير (AHU3).

- **المخطط الهندسي لوحدة معالجة الهواء:**

يبين الشكل (٢-٥) مخطط وحدة معالجة الهواء (AHU3) مع أدوات الـــBMS، والتي يجب ربطها معها.



الشكل(٢-٥): مخطط وحدة معالجة الهواء (AHU3) مع أدوات BMS.

- **جدول ببارامترات التحكم بوحدة المعالجة AHU3:**

انظر الملحق(٢-٤).

- **النظام في وضع إطفاء (OFF):**

عندما يكون النظام في وضع OFF:

١- مروحة الراجع في وضع OFF.

٢- مروحة التغذية في وضع OFF.

٣- مضخة ملف التسخين في وضع OFF إذا كانت درجة الحرارة الخارجية أعلى من $15C^O$. وتبقى في حالة تشغيل ما دامت درجة حرارة الهواء الخارجي أخفض من $15C^O$.

٤- مخمدات المزج على وضعية الرجوع الكامل.

٥- صمامات ملف التبريد مغلقة.

٦- صمامات ملف التسخين مغلقة لمنع التدفق خلالها إلى الملف.

٧- صمام مرطب التبخير مغلق.

٨- المحركات ذات السرعة المتغيرة Variable Speed Drive VSD's موضوعة على السرعة الدنيا.

٩- حلقات التحكم بالنظام غير مفعَّلة.

- **جداول التشغيل لهذا النظام في حالة المشغولية:**

تحدد من قبل مستخدمي النظام.

- **إقلاع النظام:**

عند إقلاع النظام:

١- تقلع مروحة الراجع على السرعة الدنيا مع توضع صمامات المزج على وضعية الرجوع الكامل.

٢- بعد التثبت من تشغيل مروحة الراجع وبعد زمن تأخير يوضع مبدئياً 10 ثوانٍ، تقلع مروحة التغذية على السرعة الدنيا.

٣- بعد التثبت من تشغيل مروحة التغذية وبعد زمن تأخير، يوضع مبدئياً 10 ثوانٍ، ترتفع سرعة دوران مروحة التغذية ومروحة الراجع إلى وضعية 40% من حجم الهواء، وبعد ذلك تفعَّل التحكمات الآلية بالسرعة المتغيرة لمروحة التغذية ومروحة الراجع، سترتفع خروج المحركات ذات السرعة المتغيرة للمراوح دورياً (الدور = 300 ثانية) من وضعية الحجم الأصغري 40% من حجم الهواء حتى يرتفع الضغط الستاتيكي في المجاري إلى القيمة التي تعطي عندها حلقة التحكم بالضغط الستاتيكي خرجاً. عند هذا الزمن من خروج التحكم يعمل تحكم BMS الآلي.

٤- بعد التثبت من تشغيل مروحة التغذية وبعد زمن تأخير، يوضع مبدئياً دقيقتين، تتوضع مخمدات المزج على الوضعية الدنيا للهواء الخارجي، وتفعَّل حلقات التحكم.

- **تشغيل النظام:**

عند تشغيل النظام:

١- ينظم BMS سرعة مروحة هواء التغذية للإبقاء على الضغط الستاتيكي المرجعي لهواء التغذية. تحدد أدوات برنامج الحد العلوي للضغط الستاتيكي لهواء التغذية سرعة مروحة التغذية لمنع تزايد ارتفاع الضغط الستاتيكي. يتم ضبط الضغط الستاتيكي من قبل المشغل على الوضعية Pa ؟؟. تنظم سرعة مروحة الراجع للإبقاء على فرق النسبة المئوية بين ومعدل تدفق الهواء الراجع والذي يجب أن يكون أقل بـــ 10% من معدل تدفق هواء التغذية.

٢-تنظم مخمدات المزج بانسجام عن طريق الخرج التشابهي الوحيد لتحكم بمخمدات المزج.

٣-تنظم مخمدات المزج بالتسلسل مع صمام ملف التسخين وصمام ملف التبريد للإبقاء على درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية.

ملاحظة: يعاد ضبط درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية طبقاً لمتطلبات التصميم.

٤-يتم تجاوز التحكم بمواضع مخمد المزج بالاستناد على الحسابات لهواء المزج الديناميكية.

٥-تقلع وتتوقف مضخة ملف التسخين بواسطة BMS بالاستناد على وضعية صمام ملف التسخين. تقلع المضخة عند الطلب في دور التسخين، أي عندما يكون صمام التسخين مفتوحاً، وستتوقف عندما يغلق الصمام.

ملاحظة: يؤخذ بالاعتبار إقلاع المضخة وتوقيفها بأقل عدد من المرات وذلك لمنع التكرار.

٦-يفعّل الـــBMS التحكم بمرطب التبخير عند طلب الترطيب (إذا كان التبريد غير مطلوب). يفتح الـــBMS صمام البخار ذو الوضعين للمرطب بالتزامن مع تشغيل مروحة التغذية في وحدة المعالجة (صمام ملف التبريد مغلق)، وبعد فتح صمام البخار، سيفعّل الـــ BMS تحكم التنظيم الآلي بصمام بخار المرطب، وينظم BMS عمل صمامات بخار المرطب للإبقاء على الرطوبة النسبية المرجعية للمنطقة، والتي تؤخذ كمتوسط لقيم حساسات الرطوبة النسبية في مواقع المنطقة المختلفة، وتعدل القيمة المرجعية للرطوبة النسبية طبقاً لدرجة حرارة الهواء الخارجي أو المكان وفق ما يلي:

درجة حرارة الهواء الخارجي	الرطوبة النسبية المرجعية للمكان
-10 C^O	35%
25 C^O	50%

يراقب الـــ BMS الرطوبة النسبية لهواء التغذية، حيث يحدد وضعية صمام البخار للإبقاء على الرطوبة النسبية لهواء التغذية أقل من 80%، ويولد إنذاراً ويغلق صمام البخار إذا وصلت الرطوبة النسبية إلى 85% فما فوق لمدة أكثر من عشرة دقائق.

- **إغلاق النظام:**

عند إغلاق النظام:

١- يغلق النظام آلياً من قبل الـــ BMS طبقاً لجداول التشغيل، أو من قبل المشغل اليدوي، أو عن طريق التجهيزات المترابطة معه.

٢- عند إغلاق النظام سيخفِّض الـــ BMS سرعات مروحة التغذية ومروحة الراجع ويعيد النظام إلى الوضع OFF (كما في فقرة توقف النظام).

٣- يغلق الـــ BMS مروحة التغذية ويضع مخمدات المزج على وضعية الرجوع الكامل ويولد رسالة إنذار مناسبة في حال اكتشاف أن درجة حرارة هواء التغذية أو الهواء الممزوج أقل من $5C^{O}$، وعندها ستبقى مروحة الراجع في حالة عمل وتوضع على السرعة المضبوطة من قبل المشغل 65% من حجم الهواء.

ملاحظة: لا تفعّل سلسلة إغلاق برامج الـــ BMS خلال العشر دقائق الأولى من إقلاع النظام.

- **ترابطات المكونات الصلبة لنظام BMS:**

١- يترابط جهاز كشف الحرارة المنخفضة مع المكونات الصلبة لإغلاق مروحة التغذية ويضع مخمدات المزج على وضعية الرجوع الكامل، ويبقى هذا الوضع قائماً ما دامت درجة حرارة الهواء في المجاري $5C^{O}$ أو أقل، مع إبقاء مروحة الراجع في حالة عمل، وتوضع على السرعة المضبوطة من قبل المشغل 65% من حجم الهواء، ويمكن الإعادة إلى الوضع الابتدائي يدوياً، وإلا سيبقى الـــ BMS يراقب جهاز كشف الحرارة المنخفضة ويعلن إنذاراً عن اكتشاف حالة درجة حرارة منخفضة.

٢- تزود المكونات الصلبة بالحد الأعلى للرطوبة النسبية لهواء التغذية من أجل تجاوز تحكم الـــBMS بصمام بخار المرطب في حالة أن الرطوبة النسبية لهواء التغذية مرتفعة، وذلك بوضع القيمة المرجعية على 90 RH % ، حيث يبقى صمام الترطيب مغلقاً ما دامت الرطوبة النسبية لم تنخفض 20% تحت قيمة الإنذار، ويتكامل التحكم بالحد الأعلى للرطوبة النسبية مع مجموعة مساعدة من تماسات تشغيل المجفف لمراقبة الإنذار بواسطة الـــ BMS.

٣- تغلق أجهزة الحد العالي للضغط الستاتيكي في مجاري هواء التغذية والهواء الراجع المراوح المرتبطة مع المجاري، ويمكن تصفيرها يدوياً أيضاً [17, 18].

- **التطبيق العملي:**

طبقنا التحكم بوحدة معالجة الهواء **AHU3** باستخدام متحكمات FX15 (جونسون للتحكم) وباعتماد البرمجة FX-AppMaker وبرتوكول BACnet للاتصالات، ثم رسمنا المخطط على واجهة حاسوبية باستخدام برنامج الرسم Micrografx Windows Draw وإظهار البارامترات الأساسية على المخطط (الشكل٢-٦) وهي:

١) القيمة المرجعية لدرجة الحرارة Temperature Setpoint (قابلة للتغيير).
٢) القيمة المرجعية للرطوبة النسبية Humidity Setpoint (قابلة للتغيير).
٣) درجة حرارة الهواء الجديد Fresh Air Temp.
٤) الرطوبة النسبية للهواء الجديد Fresh Air Hum.
٥) درجة حرارة الهواء في قناة التغذية بعد المرور بالمرشحات Duct Air Temp.
٦) معدل فتح الصمامات Valves Opening Ratio.

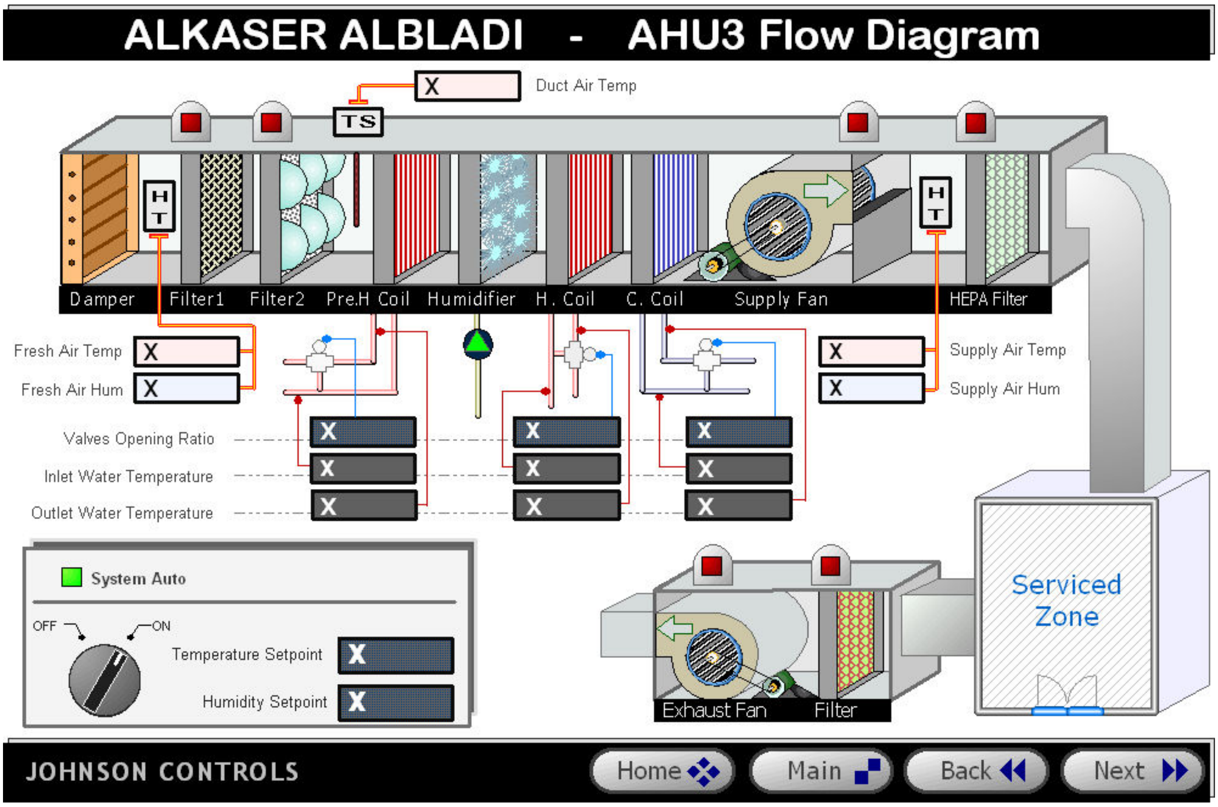
٧) درجة حرارة الماء الداخل Inlet Water Temperature.

٨) درجة حرارة الماء الراجع Outlet Water Temperature.

٩) درجة حرارة الهواء التغذية Supply Air Temp.

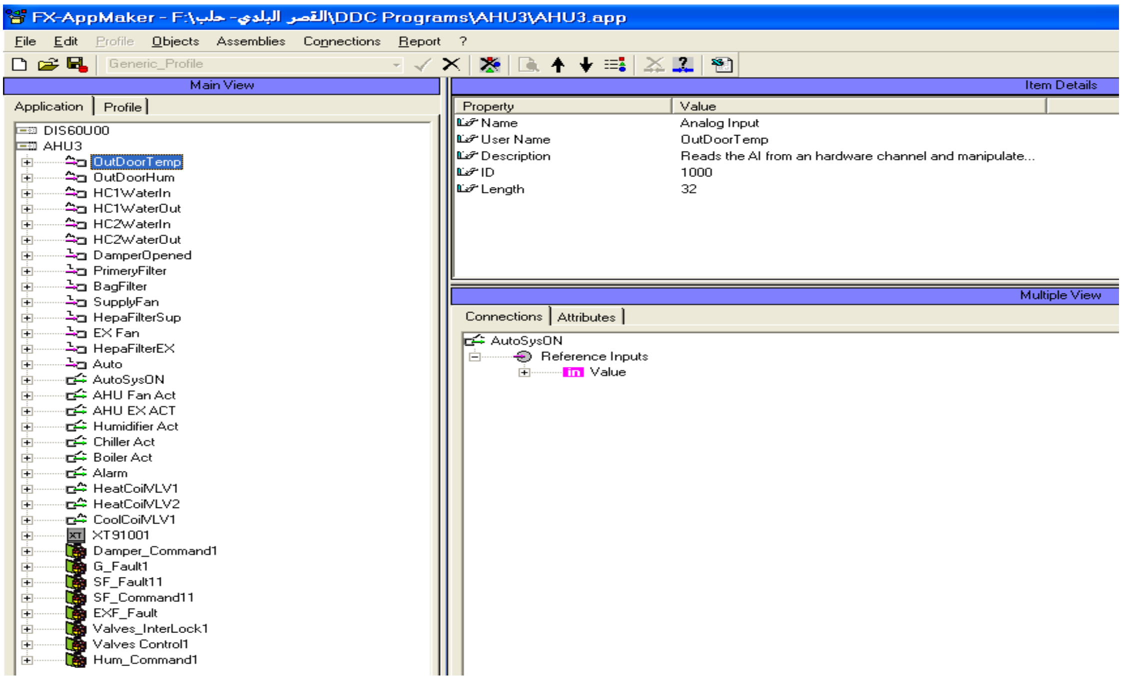
١٠)الرطوبة النسبية للهواء التغذية Supply Air Hum.

١١)ست حالات إنذار (أربع عن اتساخ المرشحات، وأثنان عن عمل مروحتي الدفع والسحب).



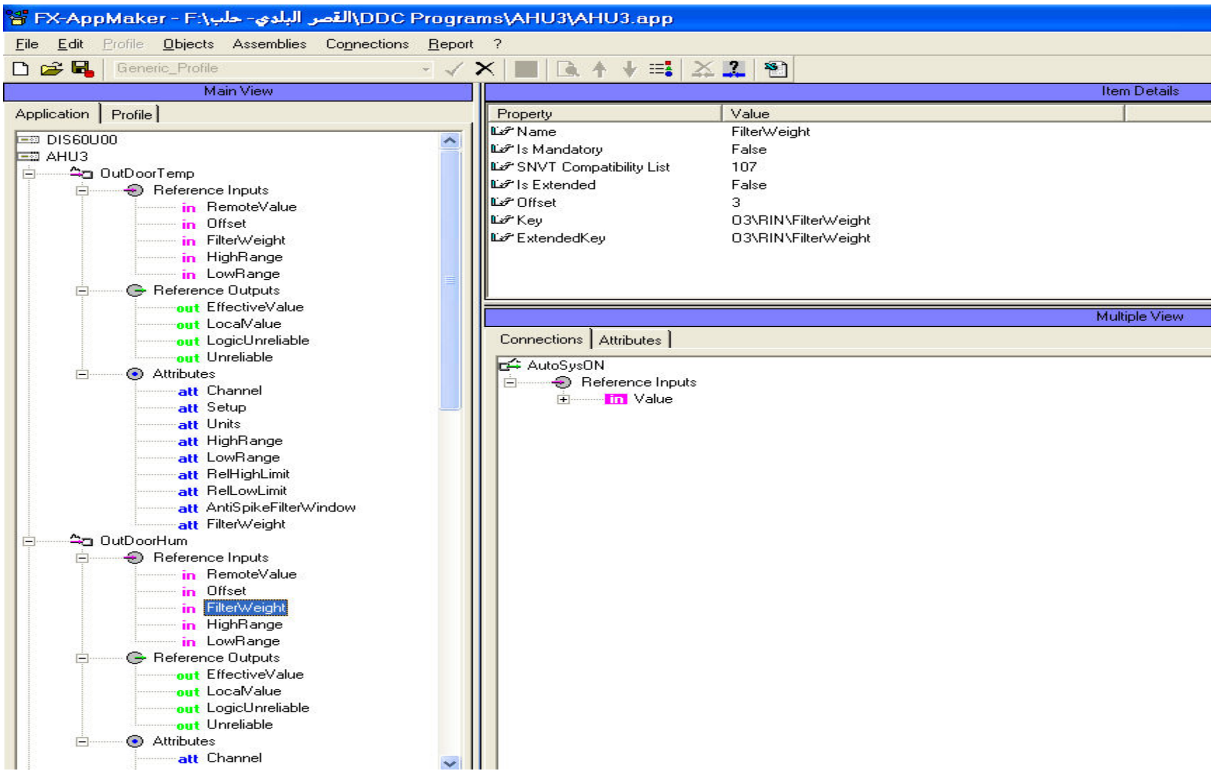
الشكل(٢-٦): واجهة المشغل لوحدة معالجة الهواء AHU3.

أما البرمجة فقد تم برمجة كافة بارامترات AHU3 الأساسية على المتحكم FX15 (الشكل٢-٧).



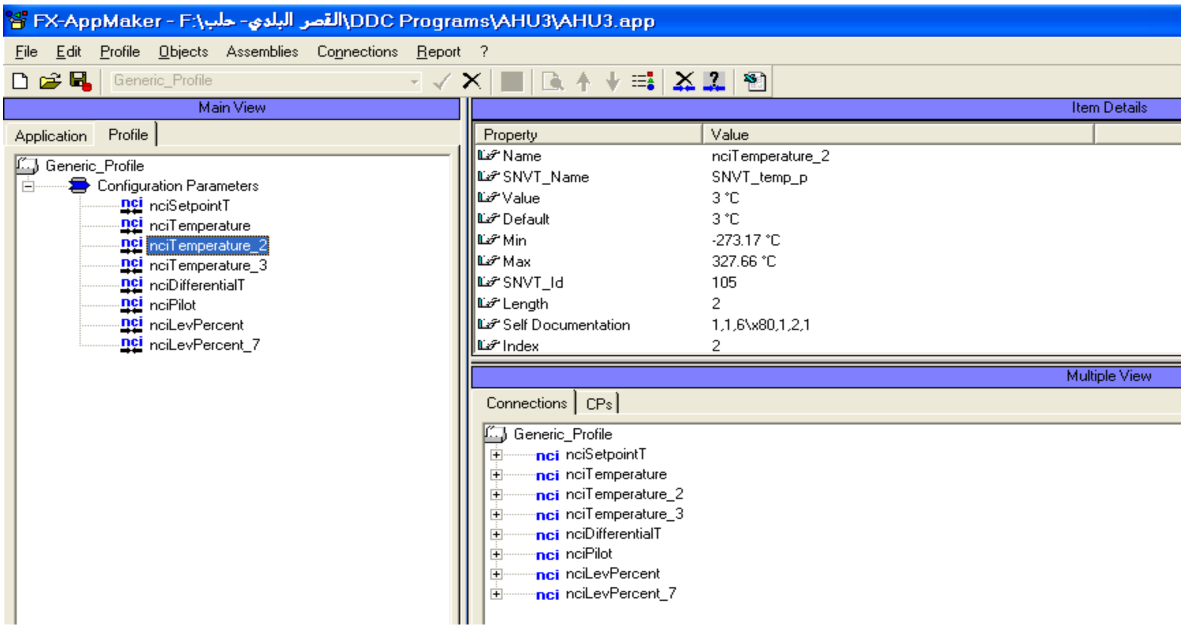
الشكل(٢-٧): مداخل ومخارج المتحكم FX15 المركب على AHU3 وبرمجتها.

تمت برمجة تفصيلات بارامترات AHU3 الأساسية على المتحكم FX15 (الشكل٢-٨).



الشكل(٢-٨): تفصيلات مداخل ومخارج المتحكم FX15 المركب على AHU3 وبرمجتها.

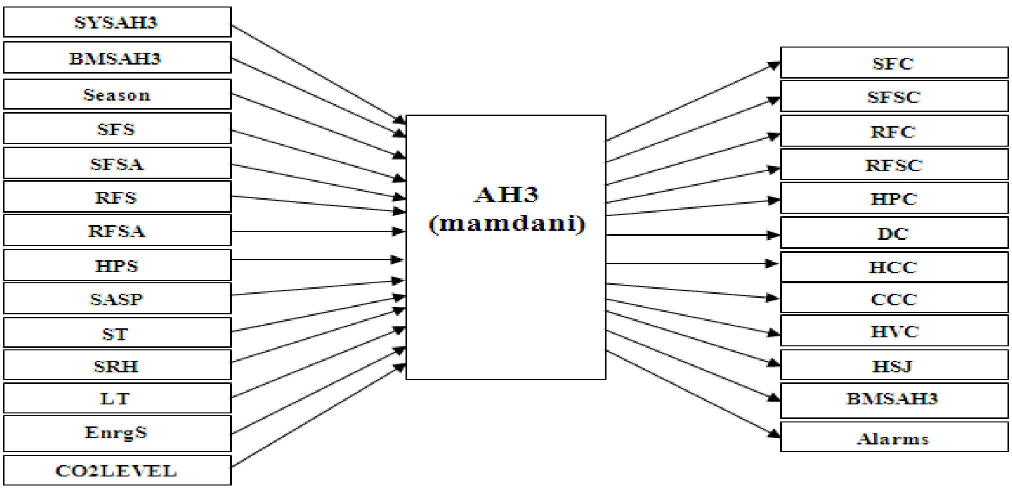
بعد الانتهاء من برمجة بارامترات التطبيق تمت برمجة البروفيل العام لـــ AHU3 على المتحكم FX15 (الشكل ٢-٩).



الشكل(٢-٩): البارامترات العامة لبروفيل الــAHU3.

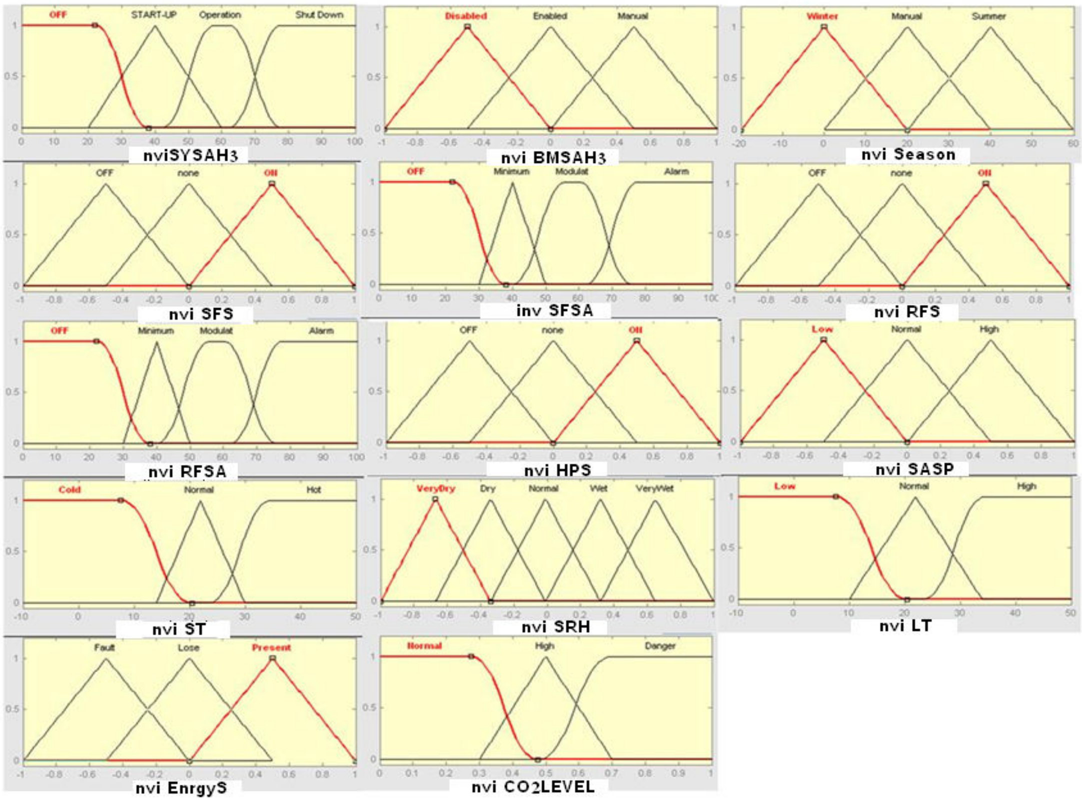
- **نمذجة تصميم نظام التحكم والمراقبة على الـــ AHU3 باستخدام متحكم المنطق العائم:**

يمكن باستخدام متحكم المنطق العائم نمذجة تصميم نظام التحكم والمراقبة على عمل AHU3 ودون الحاجة إلى إضافة موسعات للمداخل والمخارج والترابط مع تحكمات الـــ BMS الرئيسة (الشكل٢-١٠) [12, 15, 19]:



الشكل(٢-١٠):مداخل ومخارج متحكم المنطق العائم لنظام التحكم والمراقبة على AHU3 .

ــ مداخل متحكم المنطق العائم (الشكل٢-١١):



الشكل(٢-١١): توابع الانتماء لمداخل متحكم المنطق العائم لنظام AHU3.

حيث إن:

SYSAH3: يحدد الحالة المطلوبة من النظام (إغلاق، إقلاع، تشغيل، إطفاء).

BMSAH3: يحدد حالة العمل المطلوبة من نظام إدارة البناء بالنسبة لوحدة المعالجة (التمكين الآلي، عدم التمكين الآلي، يدوي).

Season: يحدد حالة عمل AHU3 في أي فصل من السنة (شتاء، يدوي ــ ربيع أو خريف ـــ، صيف).

SFS: يحدد حالة مروحة التغذية (إغلاق، تشغيل، بدون اعتبار).

SFSA: يحدد حالة عمل مروحة التغذية (إغلاق، بالحد الأدنى، تنظيم، إنذار).

RFS: يحدد الحالة المطلوبة من مروحة الراجع (إغلاق، تشغيل، بدون اعتبار).

RFSA: يحدد حالة عمل مروحة الراجع (إغلاق، بالحد الأدنى، تنظيم، إنذار).

HPS: يحدد الحالة المطلوبة من مضخة الماء الساخن (إغلاق، تشغيل، بدون اعتبار).

SASP: يحدد حالة ضغط الهواء لحظة خروجه من فتحة التغذية (منخفض، طبيعي، عالي).

ST: يحدد درجة حرارة المكان المراد تكييفة الحالية (باردة، طبيعية، حارة).

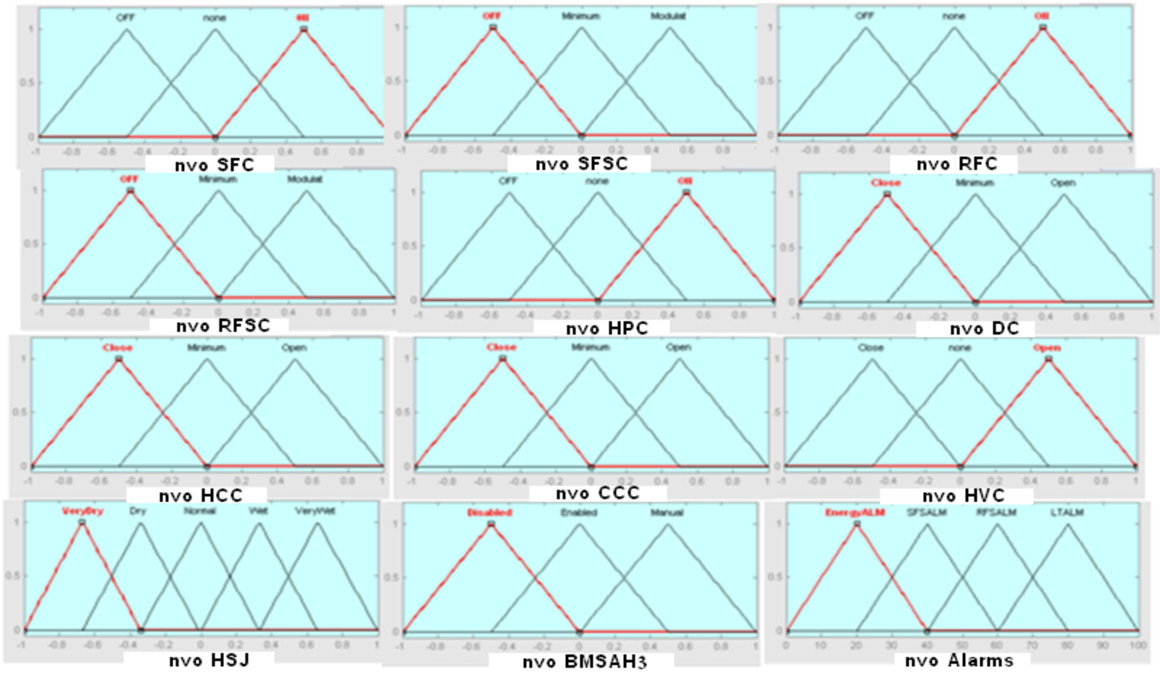
SRH: يحدد الرطوبة النسبية الحالية للمكان المراد تكييفه (جافة جداً، جافة، طبيعية، رطبة، رطبة جداً).

LT: يحدد درجة الحرارة الدنيا التي لا يستطيع النظام العمل فيها (منخفضة، طبيعية، عالية).

EnergyS: يحدد حالة منبع التغذية الكهربائية (معطل، لا يوجد تغذية، التغذية موجودة).

CO2LEVEL: يحدد مستوى ثاني أكسيد الكربون في المكان (طبيعي، عالي، خطر).

ــ مخارج متحكم المنطق العائم (الشكل٢-١٢):



الشكل(٢-١٢): توابع الانتماء لمخارج متحكم المنطق العائم لنظام AHU3.

حيث إن:

SFC: التحكم بمروحة التغذية (إغلاق، تشغيل، بدون اعتبار).

SFSC: التحكم بسرعة مروحة التغذية (إغلاق، بالحد الأدنى، تنظيم).

RFC: التحكم بمروحة الراجع (إغلاق، تشغيل، بدون اعتبار).

RFSC: التحكم بسرعة مروحة الراجع (إغلاق، بالحد الأدنى، تنظيم).

HPC: التحكم بمضخة ماء التدفئة (إغلاق، تشغيل، بدون اعتبار).

DC: التحكم بمخمد المزج(إغلاق، بالحد الأدنى، فتح).

HCC: التحكم بصمام ملف التسخين(إغلاق، بالحد الأدنى، فتح).

CCC: التحكم بصمام ملف التبريد(إغلاق، بالحد الأدنى، فتح).

HVC: التحكم بصمام بخار المرطب(إغلاق، بدون اعتبار، فتح).

HSJ: التحكم بصمام حوجلة بخار المرطب(جافة جداً، جافة، طبيعية، رطبة، رطبة جداً).

BMSAH3:التحكم بنظام أتمتة وإدارة AHU3(التمكين الآلي، عدم التمكين الآلي، يدوي).

ALARMS:إعلان إنذارات النظام (إنذار عن التغذية الكهربائية، إنذار عن حالة مروحة التغذية، إنذار عن حالة مروحة الراجع، إنذار عن انخفاض درجة الحرارة تحت الحد المسموح به).

قواعد نظام تحكم المنطق العائم بالوحدة AHU3:

يمكن استنتاج القواعد من تسلسل تشغيل النظام:

1. IF (SYSAH3 is OFF) and (BMSAH3 is Disabled) and (SFS is OFF) and (SFSA is Minimum) and (RFS is OFF) and (RFSA is Minimum) and (HPS is OFF) and (EnrgyS is Present) then (SFC is OFF) and (SFSC is Minimum) and (RFC is OFF) and (RFSC is Minimum) and (HPC is OFF) and (DC is Open) and (HCC is Close) and (CCC is Close) and (HVC is Close) and (BMSAH3 is Disabled).
2. IF (SYSAH3 is START-UP) and (BMSAH3 is Disabled) and (SFS is OFF) and (SFSA is Minimum) and (RFS is OFF) and (RFSA is Minimum) and (HPS is OFF) and (EnrgyS is Present) then (SFC is OFF) and (SFSC is Minimum) and (RFC is ON) and (RFSC is Minimum) and (HPC is OFF) and (DC is Open) and (HCC is Close) and (CCC is Close) and (HVC is Close) and (BMSAH3 is Disabled).
3. IF (SYSAH3 is START-UP) and (BMSAH3 is Disabled) and (SFS is OFF) and (SFSA is Minimum) and (RFS is ON) and (RFSA is Minimum) and (HPS is OFF) and (EnrgyS is Present) then (SFC is ON) and (SFSC is Minimum) and (RFC is ON) and (RFSC is Minimum) and (HPC is OFF) and (DC is Open) and (HCC is Close) and (CCC is Close) and (HVC is Close) and (BMSAH3 is Disabled).
4. IF (SYSAH3 is START-UP) and (BMSAH3 is Disabled) and (SFS is ON) and (SFSA is Minimum) and (RFS is ON) and (RFSA is Minimum) and (HPS is OFF) and (EnrgyS is Present) then (SFC is ON) and (SFSC is Modulate) and (RFC is ON) and (RFSC is Modulate) and (HPC is OFF) and (DC is Open) and (HCC is Close) and (CCC is Close) and (HVC is Close) and (BMSAH3 is Disabled).
5. IF (SYSAH3 is START-UP) and (BMSAH3 is Disabled) and (SFS is ON) and (SFSA is Modulate) and (RFS is ON) and (RFSA is Modulate) and (HPS is OFF) and (EnrgyS is Present) then (SFC is ON) and (SFSC is Modulate) and (RFC is ON) and (RFSC is Modulate) and (HPC is OFF) and (DC is Open) and (HCC is Close) and (CCC is Close) and (HVC is Close) and (BMSAH3 is Enabled).
6. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (SRH is VeryDry) then (HVC is Open) and (HSJ is VeryWet).
7. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (SRH is Dry) then (HVC is Open) and (HSJ is Wet).
8. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (SRH is Normal) then (HVC is Close) and (HSJ is Normal).
9. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (SRH is Wet) then (HVC is Close) and (HSJ is Dry).
10. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (SRH is VeryWet) then (HVC is Close) and (HSJ is VeryDry).

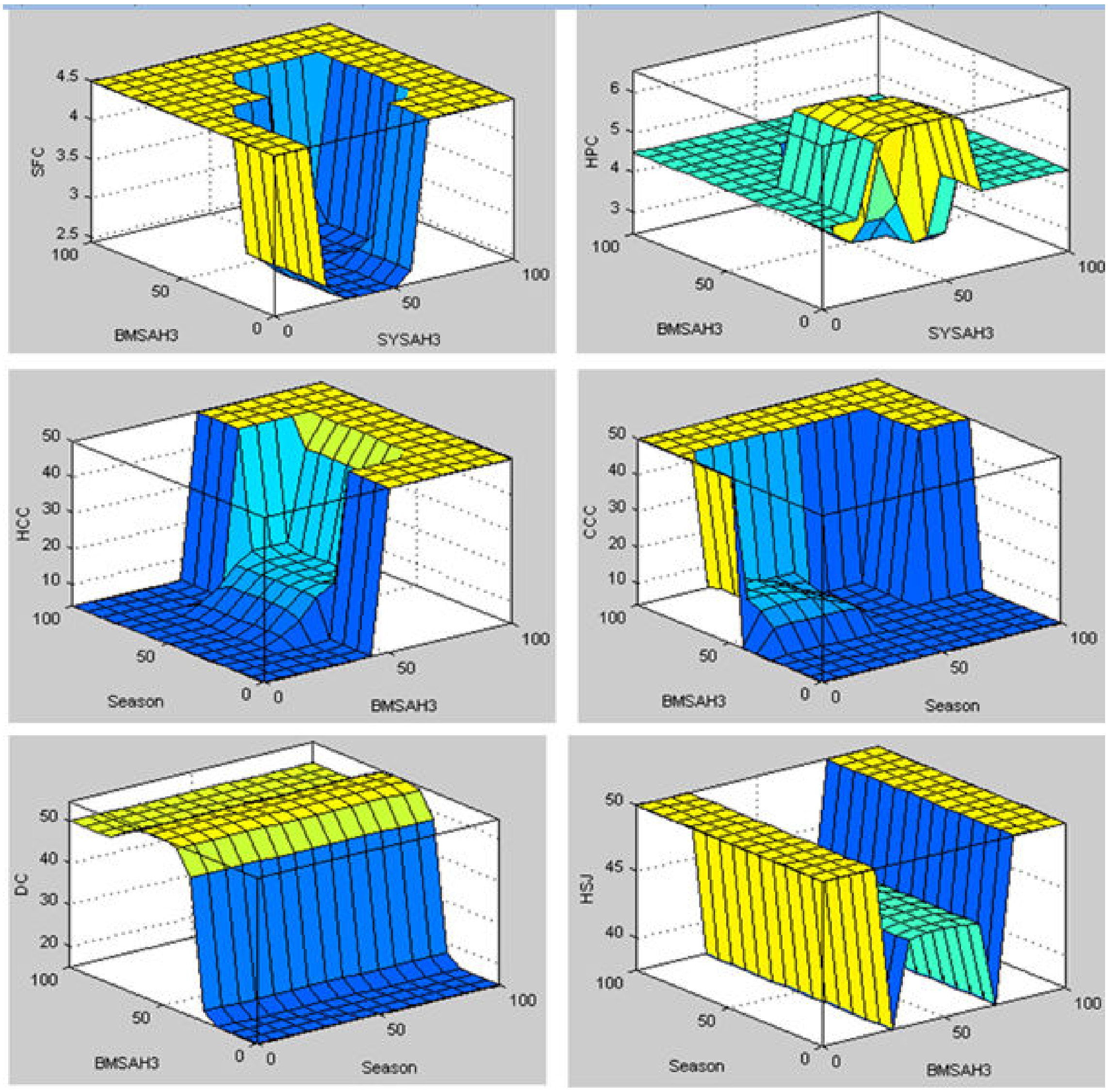
11. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (SFS is ON) and (SFSA is Modulate) and (RFS is ON) and (RFSA is Modulate) and (SASP is Low) and (EnrgyS is Present) then (SFC is ON) and (SFSC is Modulate) and (RFC is ON) and (RFSC is Modulate) and and (DC is Open).
12. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (SFS is ON) and (SFSA is Modulate) and (RFS is ON) and (RFSA is Modulate) and (SASP is Normal) and (EnrgyS is Present) then (SFC is ON) and (SFSC is Modulate) and (RFC is ON) and (RFSC is Modulate) and and (DC is Open).
13. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (SFS is ON) and (SFSA is Modulate) and (RFS is ON) and (RFSA is Modulate) and (SASP is High) and (EnrgyS is Present) then (SFC is ON) and (SFSC is Modulate) and (RFC is ON) and (RFSC is Modulate) and and (DC is Open).
14. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (Season is Summer) and (SFS is ON) and (SFSA is Modulate) and (RFS is ON) and (RFSA is Modulate) and (HPS is OFF) and (ST is Hot) and (EnrgyS is Present) then (SFC is ON) and (SFSC is Modulate) and (RFC is ON) and (RFSC is Modulate) and (HPC is OFF) and (DC is Open) and (HCC is Close) and (CCC is Open).
15. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (Season is Summer) and (SFS is ON) and (SFSA is Modulate) and (RFS is ON) and (RFSA is Modulate) and (HPS is OFF) and (ST is Normal) and (EnrgyS is Present) then (SFC is ON) and (SFSC is Modulate) and (RFC is ON) and (RFSC is Modulate) and (HPC is OFF) and (DC is Open) and (HCC is Close) and (CCC is Minimum).
16. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (Season is Summer) and (SFS is ON) and (SFSA is Modulate) and (RFS is ON) and (RFSA is Modulate) and (HPS is OFF) and (ST is Cold) and (EnrgyS is Present) then (SFC is ON) and (SFSC is Modulate) and (RFC is ON) and (RFSC is Modulate) and (HPC is OFF) and (DC is Open) and (HCC is Close) and (CCC is Close).
17. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (Season is Winter) and (SFS is ON) and (SFSA is Modulate) and (RFS is ON) and (RFSA is Modulate) and (HPS is OFF) and (ST is Cold) and (EnrgyS is Present) then (SFC is ON) and (SFSC is Modulate) and (RFC is ON) and (RFSC is Modulate) and (HPC is ON) and (DC is Open) and (HCC is Open) and (CCC is Close).
18. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (Season is Winter) and (SFS is ON) and (SFSA is Modulate) and (RFS is ON) and (RFSA is Modulate) and (HPS is OFF) and (ST is Normal) and (EnrgyS is Present) then (SFC is ON) and (SFSC is Modulate) and (RFC is ON) and (RFSC is Modulate) and (HPC is ON) and (DC is Open) and (HCC is Minimum) and (CCC is Close).

19. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (Season is Winter) and (SFS is ON) and (SFSA is Modulate) and (RFS is ON) and (RFSA is Modulate) and (HPS is OFF) and (ST is Hot) and (EnrgyS is Present) then (SFC is ON) and (SFSC is Modulate) and (RFC is ON) and (RFSC is Modulate) and (HPC is OFF) and (DC is Open) and (HCC is Close) and (CCC is Close).
20. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (SFS is ON) and (SFSA is Alarm) and (EnrgyS is Present) then (SFC is OFF) and (SFSC is OFF) and (BMSAH3 is Manual) and (Alarms is SFSALM).
21. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (RFS is ON) and (RFSA is Alarm) and (EnrgyS is Present) then (RFC is OFF) and (RFSC is OFF) and (BMSAH3 is Manual) and (Alarms is RFSALM).
22. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (EnrgyS is Present) and (CO2LEVEL is Normal) then (RFC is ON) and (RFSC is Modulate) and (DC is Open).
23. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (EnrgyS is Present) and (CO2LEVEL is High) then (RFC is ON) and (RFSC is Modulate) and (DC is Minimum).
24. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (EnrgyS is Present) and (CO2LEVEL is Danger) then (RFC is ON) and (RFSC is Modulate) and (DC is Close).
25. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (EnrgyS is Lose) then (BMSAH3 is Manual) and (Alarms is EnergyALM).
26. IF (SYSAH3 is Operation) and (BMSAH3 is Enabled) and (EnrgyS is Fault) then (BMSAH3 is Manual) and (Alarms is EnergyALM).
27. IF (SYSAH3 is Shut Down) and (BMSAH3 is Enabled) and (SFS is ON) and (RFS is ON) and and (EnrgyS is Present) then (SFC is OFF) and (SFSC is Minimum) and (RFC is OFF) and (RFSC is Minimum) and (HPC is OFF) and (DC is Open) and (HCC is Close) and (CCC is Close) and (HVC is Close) and (BMSAH3 is Disabled).

يبين الشكل(١-١٣) سطوح قواعد متحكم المنطق العائم لوحدة معالجة الهواء AHU3 (العلاقة بين دخول متحكم AHU3 وخروجه).

نلاحظ في حال استخدام متحكم منطق عائم نستطيع التحكم بسرعات محركات المراوح ومضخة ماء التدفئة عند كل وضعية جزئية بغض النظر عن النقاط المرجعية للنظام وهذا يسمح بإيجاد نقاط مرجعية عديدة لأمثلة عمل النظام ودون الحاجة لإعادة توليف النظام من جديد كما هو الحال في المتحكمات التي تعتمد PID ، وهذا يقلل

كثيراً من استهلاك الطاقة نتيجة وضع نقاط عمل التجهيزات التنفيذية بالقرب من القيم الواجب ضبطها عليها، وهذا أيضاً يختصر زمن الاستقرار والإقلال من قيمة تجاوز العتبة.



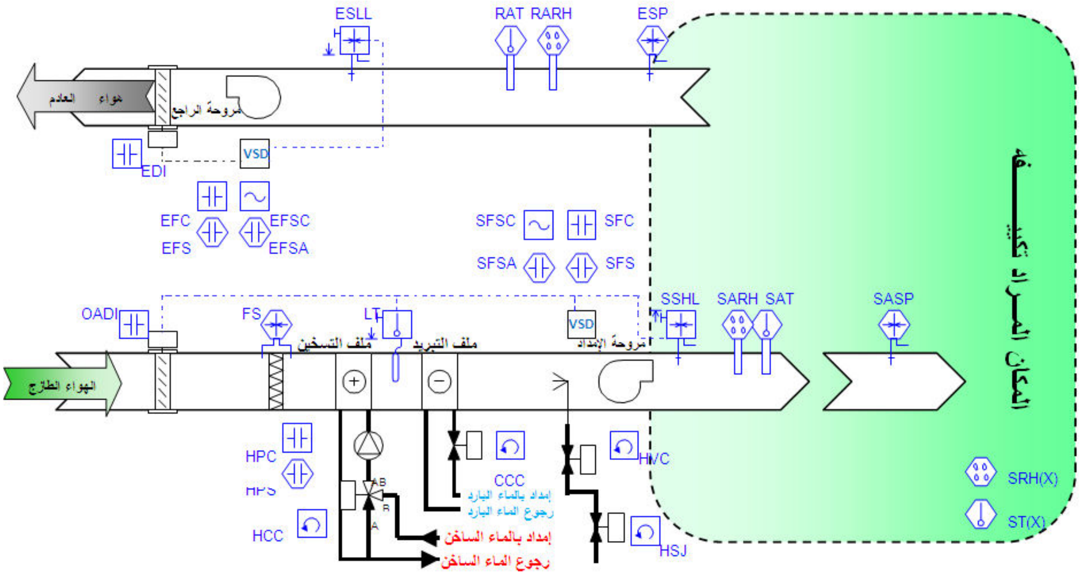
الشكل(١-١٣): سطوح قواعد متحكم المنطق العائم لوحدة معالجة الهواء AHU3 (العلاقة بين دخول متحكم AHU3 وخروجه).

نلاحظ من سطوح التحكم إمكانية التحكم مركزياً بعناصر وحدات معالجة الهواء وفقاً للمتطلبات التشغيل والإطفاء.

٢-٥ وحدة معالجة الهواء ذات حجم هواء خارجي متغير (AHU4)

- **المخطط الهندسي لوحدة معالجة الهواء:**

يبين الشكل (٢-١٤) مخطط وحدة معالجة الهواء (AHU4) مع أدوات الــBMS، والتي يجب ربطها معها.



الشكل(٢-١٤): مخطط وحدة معالجة الهواء (AHU4) مع أدوات الـــ BMS.

- **جدول ببارامترات التحكم بوحدة معالجة الهواء (AHU4):**

انظر الملحق(٢-٥).

- **النظام في وضع إطفاء (OFF):**

عندما يكون النظام في وضع OFF:

١- مروحة طرد الهواء في وضع OFF.

٢- مروحة التغذية في وضع OFF.

٣- مضخة ملف التسخين في وضع OFF إذا كانت درجة الحرارة الخارجية أعلى من $15C^{O}$ ، وتبقى في حالة تشغيل ما دامت درجة حرارة الهواء الخارجي أخفض من $15C^{O}$.

٤- مخمدات الهواء الخارجي والهواء العادم على وضعية الإغلاق الكامل.

٥- صمامات ملف التبريد مغلقة.

٦- صمامات ملف التسخين مغلقة لمنع التدفق خلالها إلى الملف.

٧- صمام مرطب التبخير مغلق.

٨- المحركات ذات السرعة المتغيرة (VSD's) موضوعة على السرعة الدنيا.

٩- حلقات التحكم بالنظام غير مفعَّلة.

- **جداول التشغيل لهذا النظام في حالة المشغولية:**

تحدد من قبل مستخدمي النظام.

- **إقلاع النظام:**

عند إقلاع النظام:

١- ينتج الـــ BMS إشارة تحكم لإقلاع دارة التحكم بمحرك قيادة سرعة مروحة التغذية، عند إقلاع مروحة التغذية على السرعة الدنيا وعلى التوازي معها تعمل مشغلات مخمدات الهواء الخارجي وكأن إشارة التحكم أعطيت لها من أجل الفتح الكامل، حيث يوجد ترابط في العمل بين مروحة التغذية ومخمدات الهواء الخارجي، أيضاً يوجد في نهاية شوط مخمدات الهواء الخارجي مفاتيح كهربائية (SWITCHES) بحيث أن مروحة التغذية لا تعمل دون أن تكون المخمدات مفتوحة في الحالة الآلية، حيث أن للمفاتيح ثلاث وضعيات (يدوي وإطفاء وآلي).

٢- بعد التثبت من تشغيل مروحة التغذية وبعد زمن تأخير يوضع مبدئياً 30 ثانية، ينتج BMS إشارة تحكم لإقلاع دارة التحكم بمحرك قيادة سرعة مروحة الطرد، فتقلع مروحة الطرد على السرعة الدنيا وعلى التوازي معها تعمل مشغلات مخمدات هواء العادم وكأن إشارة التحكم أعطيت لها من أجل الفتح الكامل، حيث يوجد ترابط في العمل بين مروحة الطرد ومخمدات هواء العادم، أيضاً يوجد في نهاية شوط مخمدات الهواء العادم مفاتيح كهربائية (SWITCHES) بحيث أن مروحة الطرد لا تعمل دون أن تكون المخمدات مفتوحة في الحالة الآلية، حيث أن للمفاتيح ثلاث وضعيات (يدوي وإطفاء وآلي).

٣- بعد التثبت من تشغيل مروحة التغذية وبعد زمن تأخير، يوضع مبدئياً 10 ثوانٍ، ترتفع سرعة دوران مروحة التغذية ومروحة الراجع إلى وضعية 40% من حجم الهواء، وبعد ذلك تفعّل التحكمات الآلية بالسرعة المتغيرة لمروحة التغذية ومروحة الراجع، وترفع المحركات ذات السرع المتغيرة للمراوح الضغط الستاتيكي في المجاري دورياً (الدور = 300 ثانية) من وضعية الحجم الأصغري 40% من حجم الهواء إلى القيمة التي تعطي عندها حلقة التحكم بالضغط الستاتيكي إشارة خرج، وعندها يعمل تحكم BMS الآلي.

٤- بعد التثبت من تشغيل مروحة الطرد وبعد زمن تأخير، يوضع مبدئياً 10 ثوانٍ، ترتفع سرعة دوران مروحة الطرد إلى وضعية 40% من حجم الهواء، وبعد ذلك تفعّل التحكمات الآلية بالسرعة المتغيرة لمروحة الطرد، وترفع المحركات ذات السرع المتغيرة للمراوح الضغط الستاتيكي في المجاري دورياً (الدور = 300 ثانية) من وضعية الحجم الأصغري 40% من حجم الهواء إلى القيمة التي تعطي عندها حلقة التحكم بالضغط الستاتيكي إشارة خرج، وعندها يعمل تحكم BMS الآلي.

٥- بعد التثبت من تشغيل مروحة التغذية ومروحة الطرد تفعّل حلقات التحكم الآلي المتبقية.

٦- على النظام الإقلاع عندما تصبح درجة الحرارة الخارجية أخفض من القيمة المرجعية بـــ $6C^{O}$، حيث يضع BMS صمام ملف التسخين على وضعية الفتح 30% لمدة ستون ثانية حتى صدور إشارة تحكم بإقلاع مروحة التغذية، ويحرر التحكم بالصمام عندما تفعّل التحكمات الآلية.

- **تشغيل النظام:**

- ينظم BMS سرعة مروحة هواء التغذية للإبقاء على الضغط الستاتيكي المرجعي لهواء التغذية، وتحدد أدوات برنامج الحد العلوي للضغط الستاتيكي لهواء التغذية سرعة مروحة التغذية لمنع تزايد ارتفاع الضغط الستاتيكي، حيث يتم ضبط الضغط الستاتيكي من قبل المشغل على الوضعية Pa ?? .

- ينظم BMS سرعة مروحة الطرد للإبقاء على الضغط الستاتيكي المرجعي لهواء العادم، وتحدد أدوات برنامج الحد العلوي للضغط الستاتيكي لهواء العادم سرعة مروحة الطرد لمنع تزايد ارتفاع الضغط الستاتيكي، ويتم ضبط الضغط الستاتيكي من قبل المشغل على الوضعية Pa ?? .
- تنظم صمامات ملف التسخين والتحكم بملف التبريد على التوازي للإبقاء على درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية، ويعاد ضبط درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية طبقاً لمتطلبات التصميم.
- تقلع وتتوقف مضخة ملف التسخين بواسطة الـــ BMS طبقاً لوضعية صمام ملف التسخين، وتقلع المضخة عند الطلب في دور التسخين، أي عندما يكون صمام التسخين مفتوحاً، وتتوقف عندما يغلق الصمام، ملاحظة: يؤخذ بالاعتبار إقلاع المضخة وتوقيفها بأقل عدد من المرات وذلك لمنع التكرار.
- يفعّل الـــBMS التحكم بمرطب التبخير عند طلب الترطيب (إذا كان التبريد غير مطلوب). يفتح الـــBMS صمام البخار ذو الوضعين للمرطب بالتزامن مع تشغيل مروحة التغذية في وحدة المعالجة (صمام ملف التبريد مغلق)، وبعد فتح صمام البخار، سيفعّل الـــ BMS تحكم التنظيم الآلي بصمام بخار المرطب، وينظم BMS عمل صمامات بخار المرطب للإبقاء على الرطوبة النسبية المرجعية للمنطقة، والتي تؤخذ كمتوسط لقيم حساسات الرطوبة النسبية في مواقع المنطقة المختلفة، وتعدل القيمة المرجعية للرطوبة النسبية طبقاً لدرجة حرارة الهواء الخارجي أو المكان وفق ما يلي:

درجة حرارة الهواء الخارجي	الرطوبة النسبية المرجعية للمكان
$-10\ C^{O}$	35%
$25\ C^{O}$	50%

يراقب الـــ BMS الرطوبة النسبية لهواء التغذية، حيث يحدد وضعية صمام البخار للإبقاء على الرطوبة النسبية لهواء التغذية أقل من 80%، ويولد إنذاراً ويغلق صمام البخار إذا وصلت الرطوبة النسبية إلى 85% فما فوق لمدة أكثر من عشرة دقائق.

- **إغلاق النظام:**

١- يغلق النظام آلياً من قبل BMS طبقاً لجداول التشغيل، أو من قبل المشغل اليدوي، أو عن طريق التجهيزات المترابطة معه.

٢- عند إغلاق النظام سيخفض BMS سرع مروحة التغذية ومروحة الراجع ويعيد النظام إلى الوضع OFF (كما في فقرة توقف النظام).

٣- يغلق BMS مروحة التغذية ومروحة الطرد ويولد رسالة إنذار مناسبة في حال اكتشاف أن درجة حرارة هواء التغذية أقل من $5C^{O}$.

ملاحظة: لا تفعّل سلسلة إغلاق برامج الـــ BMS خلال العشر دقائق الأولى من إقلاع النظام [17, 18].

- **ترابطات المكونات الصلبة لنظام BMS:**

١- يترابط جهاز كشف الحرارة المنخفضة مع المكونات الصلبة لإغلاق مروحة التغذية ويغلق مخمد

الهواء الخارجي، ويبقى هذا الوضع قائماً ما دامت درجة حرارة الهواء في المجاري $5\ C^{O}$ أو أقل، ويغلق BMS مروحة الطرد ويغلق مخمد هواء العادم عندما تكون حالة درجة الحرارة منخفضة، ويمكن الإعادة إلى الوضع الابتدائي يدوياً، وإلا سيبقى BMS يراقب جهاز كشف الحرارة المنخفضة ويعلن إنذاراً عن اكتشاف حالة درجة حرارة منخفضة.

٢- تزود المكونات الصلبة بالحد الأعلى للرطوبة النسبية لهواء التغذية من أجل تجاوز تحكم الـــBMS بصمام بخار المرطب في حالة أن الرطوبة النسبية لهواء التغذية مرتفعة، وذلك بوضع القيمة المرجعية على 90 RH % ، حيث يبقى صمام الترطيب مغلقاً ما دامت الرطوبة النسبية لم تنخفض 20% تحت قيمة الإنذار، ويتكامل التحكم بالحد الأعلى للرطوبة النسبية مع مجموعة مساعدة من تماسات تشغيل المجفف لمراقبة الإنذار بواسطة الـــ BMS.

٣- تغلق أجهزة الحد العالي للضغط الستاتيكي في مجاري هواء التغذية وهواء العادم المراوح المرتبطة مع المجاري، ويمكن إعادتها إلى الوضع الابتدائي يدوياً أيضاً.

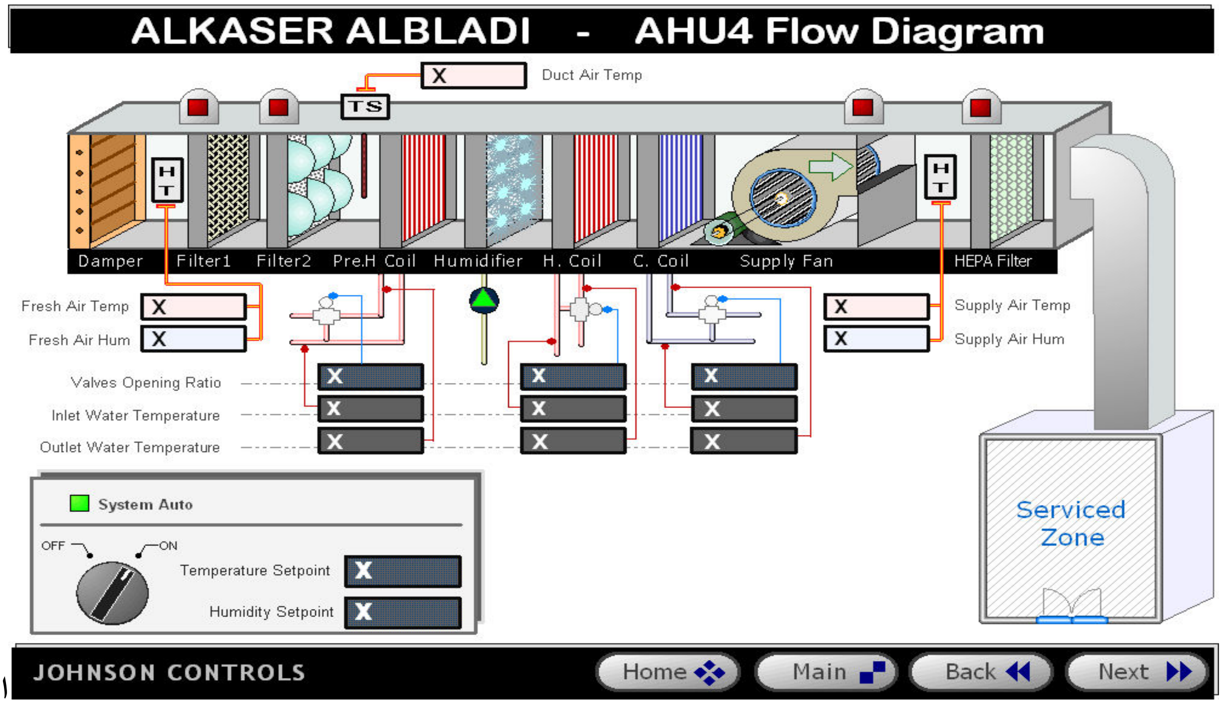
٤- يوجد ترابط بين تجهيزات التحكم بمشغلات مخمد هواء العادم ومخمد هواء التغذية مع دارات التحكم بمحركات المراوح المرتبطة معها.

٥- يوجد ترابط بين مفاتيح النهاية لمخمدات هواء التغذية وهواء العادم ودارات التحكم بالمراوح المرتبطة معها.

- **التطبيق العملي:**

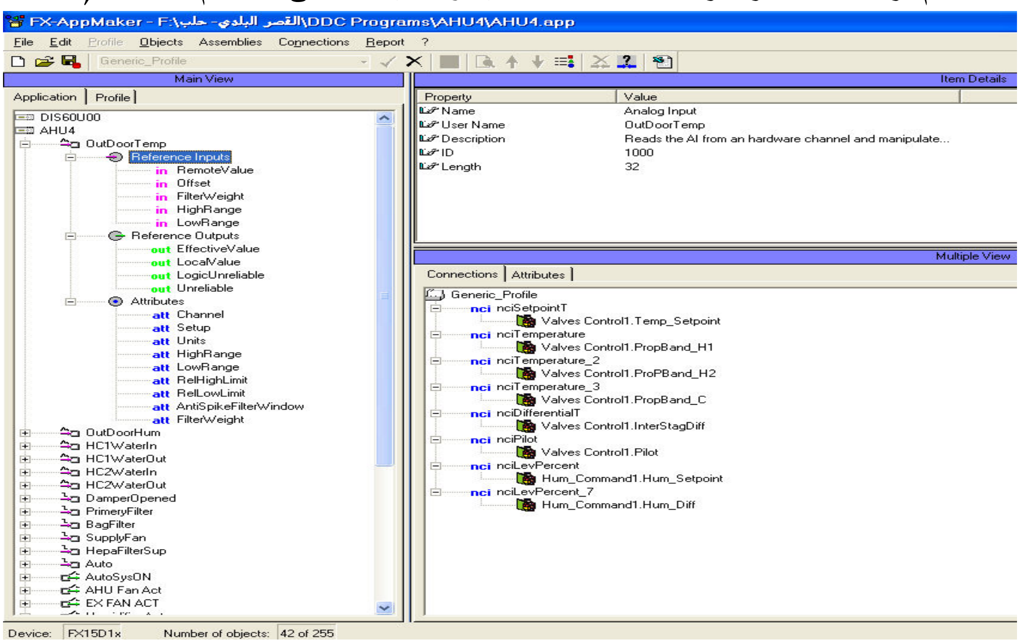
طبقنا التحكم بوحدة معالجة الهواء **AHU4** باستخدام متحكمات FX15 (جونسون للتحكم) وباعتماد البرمجة FX-AppMaker وبرتوكول BACnet للاتصالات، ثم رسمنا المخطط على واجهة حاسوبية باستخدام برنامج الرسم Micrografx Windows Draw وإظهار البارامترات الأساسية على المخطط،(الشكل٢-١٥):

١) القيمة المرجعية لدرجة الحرارة Temperature Setpoint (قابلة للتغيير).
٢) القيمة المرجعية للرطوبة النسبية Humidity Setpoint (قابلة للتغيير).
٣) درجة حرارة الهواء الجديد Fresh Air Temp.
٤) الرطوبة النسبية للهواء الجديد Fresh Air Hum.
٥) درجة حرارة الهواء في قناة التغذية بعد المرور بالمرشحات Duct Air Temp.
٦) معدل فتح الصمامات Valves Opening Ratio.
٧) درجة حرارة الماء الداخل Inlet Water Temperature.
٨) درجة حرارة الماء الراجع Outlet Water Temperature.
٩) درجة حرارة الهواء التغذية Supply Air Temp.
١٠) الرطوبة النسبية للهواء التغذية Supply Air Hum.
١١) أربع حالات إنذار (ثلاث عن اتساخ المرشحات، وحالة عن عمل مروحتي الدفع والسحب).



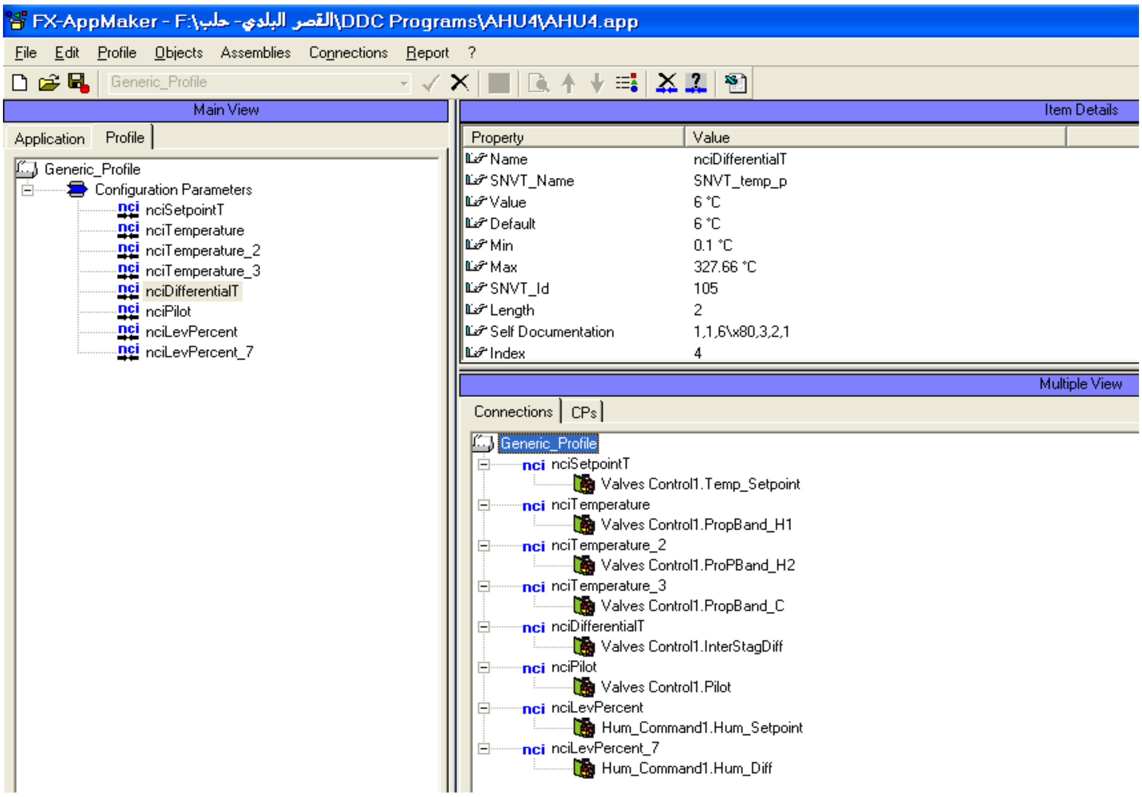
لشكل(٢-١٥): واجهة المشغل لوحدة معالجة الهواء AHU4.

أما البرمجة فقد تم برمجة كافة بارامترات AHU4 الأساسية وتفصيلاتها على المتحكم FX15 (الشكل٢-١٦).



الشكل(٢-١٦): تفصيلات مداخل ومخارج المتحكم FX15 المركب على AHU4 وبرمجتها.

بعد الانتهاء من برمجة بارامترات التطبيق تمت برمجة البروفيل العام لــ AHU4 على المتحكم FX15 (الشكل٢-١٧).

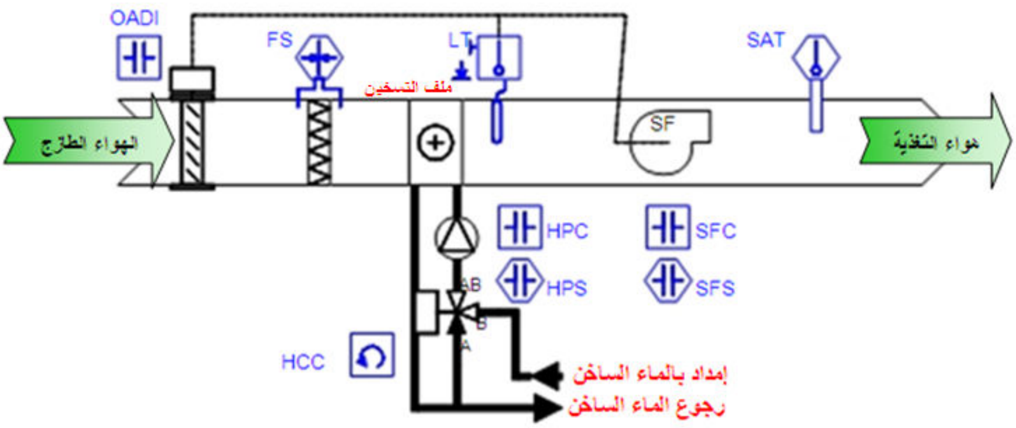


الشكل(٢-١٧): البارامترات العامة لبروفيل AHU4.

٢-٦ وحدة الـ Fan Coil:

- **المخطط الهندسي لوحدة الـ Fan Coil:**

يبين الشكل (٢-١٨) مخطط وحدة الـ Fan Coil مع أدوات الــBMS، والتي يجب ربطها معها.



الشكل(٢-١٨): مخطط وحدة الـ Fan Coil مع أدوات الـ BMS.

- **جدول ببارامترات التحكم بوحدة الـ Fan Coil:**

انظر الملحق(٢-٦).

- **النظام في وضع إطفاء (OFF):**

عندما يكون النظام في وضع OFF:

١- مروحة التغذية في وضع OFF.

٢- مضخة ملف التسخين في وضع OFF إذا كانت درجة الحرارة الخارجية أعلى من $15C^{O}$ ، وتبقى في حالة تشغيل ما دامت درجة حرارة الهواء الخارجي أخفض من $15C^{O}$.

٣- مخمدات الهواء الخارجي على وضعية الإغلاق الكامل.

٤- صمامات ملف التسخين أو التبريد مغلقة لمنع التدفق خلالها إلى الملف.

٥- حلقات التحكم بالنظام غير مفعَّلة.

- **جداول التشغيل لهذا النظام في حالة المشغولية:**

تحدد من قبل مستخدمي النظام.

- **إقلاع النظام:**

عند إقلاع النظام:

١- يعطي BMS إشارة تحكم لإقلاع دارة التحكم بمحرك قيادة سرعة مروحة التغذية، حيث تقلع مروحة التغذية على السرعة الدنيا وعلى التوازي معها تعمل مشغلات مخمدات الهواء الخارجي وكأن الأمر أعطي لها من أجل الفتح الكامل، لوجود ترابط في العمل بين مروحة التغذية ومخمدات الهواء الخارجي، أيضاً يوجد في نهاية شوط مخمدات الهواء الخارجي مفاتيح نهاية (End Switches) أي أن مروحة التغذية لا تعمل دون أن تكون المخمدات مفتوحة في الحالة الآلية، ولهذه المفاتيح ثلاث وضعيات (يدوي وإطفاء وآلي).

٢- بعد التثبت من تشغيل مروحة التغذية تفعَّل التحكمات الآلية.

٣- على النظام الإقلاع عندما تصبح درجة الحرارة الخارجية أخفض من القيمة المرجعية بـــ $6C^{O}$، وضع BMS صمام ملف التسخين أو التبريد على وضعية الفتح 30% لمدة ستون ثانية حتى ورود أمر بإقلاع مروحة التغذية، ويتم تحرير التحكم بالصمام عندما تفعَّل التحكمات الآلية.

- **تشغيل النظام:**

١- يتم تنظم عمل صمامات ملف التسخين أو التبريد للإبقاء على درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية، ويعاد ضبط درجة الحرارة المرجعية لهواء التغذية طبقاً لمتطلبات التصميم.

٢- تقلع أو تتوقف مضخة ملف التسخين أو التبريد بواسطة BMS طبقاً لوضعية صمام ملف التسخين أو التبريد، حيث تقلع المضخة عند الطلب في دور التسخين أو التبريد، أي عندما يكون الصمام مفتوحاً، وتتوقف عندما يغلق الصمام.

ملاحظة: يؤخذ بالاعتبار إقلاع المضخة وتوقيفها بأقل عدد من المرات وذلك لمنع التكرار [17, 18].

- **إغلاق النظام:**

١- يغلق النظام آلياً من قبل الــBMS طبقاً لجداول التشغيل، أو من قبل المشغل اليدوي، أو عن طريق التجهيزات المترابطة معه.

٢- عند إغلاق النظام يعيد الــBMS النظام إلى الوضع OFF (كما في فقرة توقف النظام).

٣- يغلق الــBMS مروحة التغذية ويولد رسالة إنذار مناسبة في حال اكتشاف أن درجة حرارة هواء التغذية أقل من $5C^{O}$.

ملاحظة: لا تفعّل سلسلة إغلاق برامج الــBMS خلال العشر دقائق الأولى من إقلاع النظام.

- **ترابطات المكونات الصلبة لنظام الــ BMS:**

١- يترابط جهاز كشف الحرارة المنخفضة مع المكونات الصلبة لإغلاق مروحة التغذية وإغلاق مخمد الهواء الخارجي، ويبقى هذا الوضع قائماً ما دامت درجة حرارة الهواء في المجاري $5C^{O}$ أو أقل(في وضع التسخين)، ويمكن الإعادة إلى الوضع الابتدائي يدوياً، وإلا سيبقى الــ BMS يراقب جهاز كشف الحرارة المنخفضة ويعلن إنذاراً عن اكتشاف حالة درجة حرارة منخفضة.

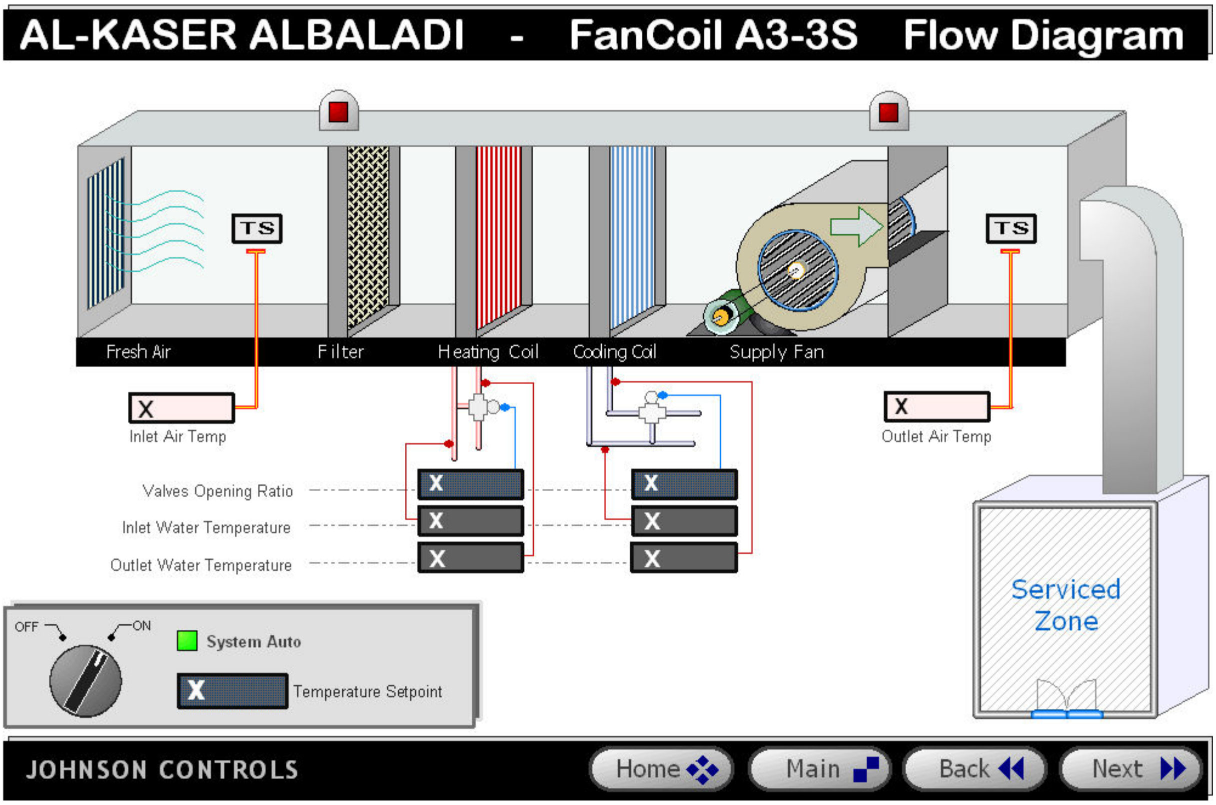
٢- يوجد ترابط بين مشغلات مخمد الهواء الخارجي مع دارات التحكم بمحركات المراوح المرتبطة معها.

٣- يوجد ترابط بين مفاتيح النهاية لمخمدات الهواء الخارجي ودارات التحكم بالمراوح المرتبطة معها.

- **التطبيق العملي:**

طبقنا التحكم بوحدة الــ Fan Coil باستخدام متحكمات FX15 (جونسون للتحكم) وباعتماد البرمجة FX-AppMaker وبرتوكول BACnet للاتصالات، ثم رسمنا المخطط على واجهة حاسوبية باستخدام برنامج الرسم Micrografx Windows Draw وإظهار البارامترات الأساسية على المخطط، (الشكل٢-١٩) وهي:

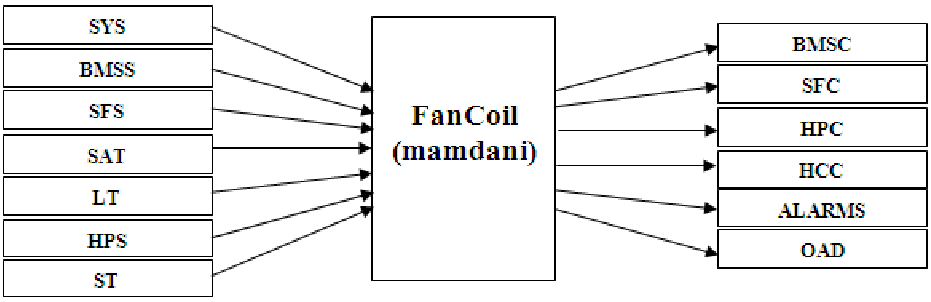
١) القيمة المرجعية لدرجة الحرارة Temperature Setpoint قابلة للتغيير.
٢) درجة حرارة الهواء الداخل Inlet Air Temp.
٣) معدل فتح الصمامات Valves Opening Ratio.
٤) درجة حرارة الماء الداخل Inlet Water Temperature.
٥) درجة حرارة الماء الراجع Outlet Water Temperature.
٦) درجة حرارة الهواء التغذية Outlet Air Temp.
٧) حالتا إنذار (حالة عن اتساخ المرشحات، وحالة عن عمل مروحة التغذية).



الشكل(٢-١٩): واجهة المشغل لوحدة الـ Fan Coil.

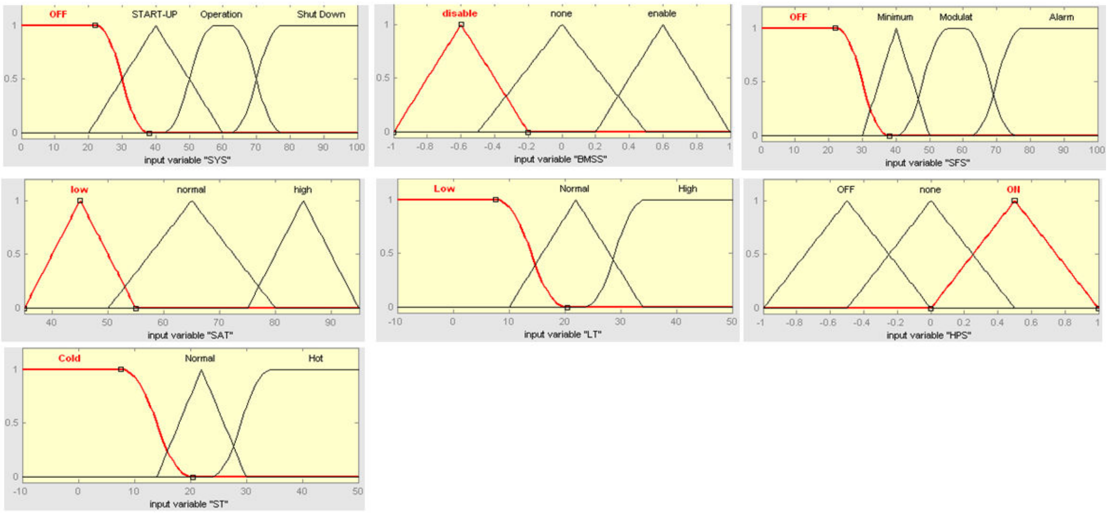
- **نمذجة تصميم نظام التحكم والمراقبة على وحدة الـ Fan Coil باستخدام متحكم المنطق العائم:**

يمكن باستخدام متحكم المنطق العائم تصميم نظام التحكم والمراقبة على عمل وحدة الـ Fan Coil ودون الحاجة إلى إضافة موسعات للمداخل والمخارج والترابط مع تحكمات نظام الـ BMS الرئيسة، (الشكل ٢-٢٠) [12, 15, 19]:



الشكل(٢-٢٠):مداخل ومخارج متحكم المنطق العائم لنظام التحكم والمراقبة على وحدة الـ Fan Coil.

- مداخل متحكم المنطق العائم (الشكل٢-٢١):



الشكل(٢-٢١): توابع الانتماء لمداخل متحكم المنطق العائم بنظام وحدة الـــ Fan Coil.

SYS: يحدد الحالة المطلوبة من النظام (إغلاق، إقلاع، تشغيل، إطفاء).

BMSS: يحدد حالة العمل المطلوبة من نظام إدارة البناء بالنسبة لوحدة المعالجة (التمكين الآلي، عدم التمكين الآلي، يدوي).

SFS: يحدد حالة مروحة التغذية (إغلاق، تشغيل، بدون اعتبار).

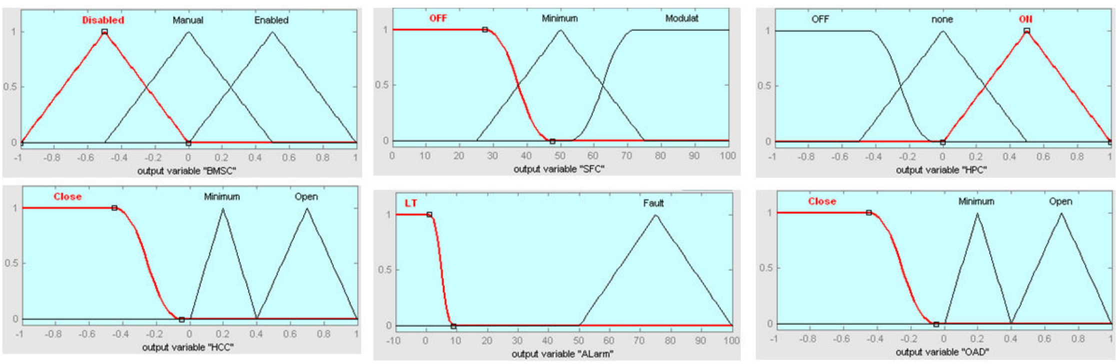
SAT: درجة حرارة هواء التغذية (منخفضة، طبيعية، عالية).

LT: يحدد درجة الحرارة الدنيا التي لا يستطيع النظام العمل فيها (منخفضة، طبيعية، عالية).

HPS: يحدد الحالة المطلوبة من مضخة ماء التدفئة (إغلاق، تشغيل، بدون اعتبار).

ST: يحدد درجة حرارة المكان المراد تكييفة الحالية (باردة، طبيعية، حارة).

- **مخارج متحكم المنطق العائم (الشكل٢-٢٢):**



الشكل(٢-٢٢): توابع الانتماء لمخارج متحكم المنطق العائم بنظام وحدة الـــ Fan Coil.

BMSC:التحكم بنظام أتمتة وإدارة وحدة الـــ Fan Coil (التمكين الآلي، عدم التمكين الآلي، يدوي).

SFC: التحكم بمروحة التغذية (إغلاق، تشغيل، بدون اعتبار).

HPC: التحكم بمضخة ماء التدفئة (إغلاق، تشغيل، بدون اعتبار).

HCC: التحكم بصمام ملف التسخين(إغلاق، بالحد الأدنى، فتح).

ALARMS:إعلان إنذارات النظام (إنذار عن حالة مروحة التغذية، إنذار عن انخفاض درجة الحرارة تحت الحد المسموح به).

OAD: التحكم بمخمد الهواء الخارجي الجديد(إغلاق، بالحد الأدنى، فتح).

- **قواعد نظام تحكم المنطق العائم بوحدة الــ Fan Coil:**

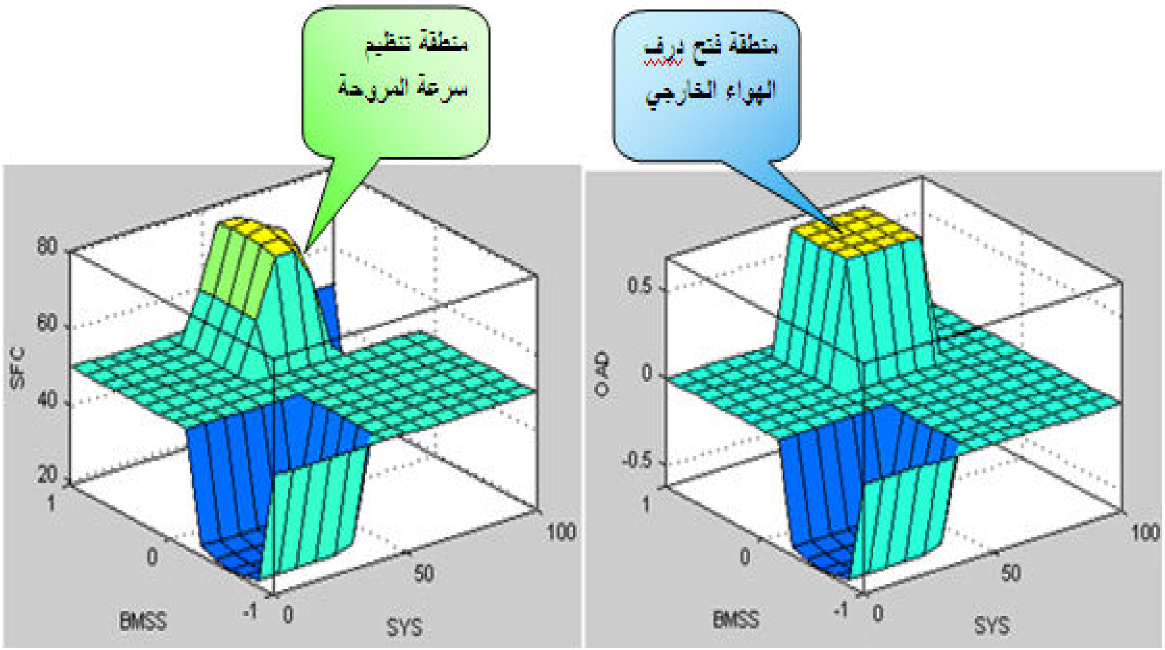
يمكن استنتاج القواعد من تسلسل تشغيل النظام:

1. If (SYS is OFF) and (BMSS is disabled) and (SFS is OFF) and (HPS is OFF) then (BMSC is Disable) and (SFC is OFF) and (HPC is OFF) and (HCC is Close) and (OAD is Close).
2. If (SYS is START-UP) and (BMSS is disabled) and (SFS is OFF) and (HPS is OFF) then (BMSC is Disable) and (SFC is Minimum) and (HPC is OFF) and (HCC is Close) and (OAD is Minimum).
3. If (SYS is START-UP) and (BMSS is disable) and (SFS is Minimum) and (HPS is OFF) and (ST is Cold) then (BMSC is Enabled) and (SFC is Modulate) and (HPC is ON) and (HCC is Minimum) and (OAD is Open).
4. If (SYS is Operation) and (BMSS is enable) and (SFS is Modulate) and (SAT is high) and (HPS is ON) and (ST is Cold) then (BMSC is Enabled) and (SFC is Modulate) and (HPC is ON) and (HCC is Open) and (OAD is Open).
5. If (SYS is Operation) and (BMSS is enable) and (SFS is Modulate) and (SAT is normal) and (HPS is ON) and (ST is Normal) then (BMSC is Enabled) and (SFC is Modulate) and (HPC is ON) and (HCC is Minimum) and (OAD is Open).
6. If (SYS is Operation) and (BMSS is enable) and (SFS is Modulate) and (SAT is low) and (HPS is ON) and (ST is Hot) then (BMSC is Enabled) and (SFC is Modulate) and (HPC is OFF) and (HCC is Close) and (OAD is Open).
7. If (SYS is Operation) and (BMSS is enable) and (SFS is Alarm) then (BMSC is Manual) and (SFC is OFF) and (Alarm is Fault).
8. If (SYS is Operation) and (BMSS is enable) and (LT is Low) then (BMSC is Manual) and (SFC is OFF) and (Alarm is LT).
9. If (SYS is Shut Down) and (BMSS is enable) and then (BMSC is Disable) and (SFC is OFF) and (HPC is OFF) and (HCC is Close) and (OAD is Close).

يبين الشكل(١-٢٣) سطوح قواعد متحكم المنطق العائم لوحدة FanCoil (العلاقة بين دخول متحكم FanCoil وخروجه).

نلاحظ في حال استخدام متحكم منطق عائم نستطيع التحكم بسرع محرك مروحة الهواء الخارجي ومضخة ماء التدفئة عند كل وضعية جزئية بغض النظر عن النقاط المرجعية للنظام وهذا يسمح بإيجاد نقاط مرجعية عديدة لأمثلة عمل النظام ودون الحاجة لإعادة توليف النظام من جديد كما هو الحال في المتحكمات التي تعتمد PID ،

وهذا يقلل كثيراً من استهلاك الطاقة نتيجة وضع نقاط عمل التجهيزات التنفيذية بالقرب من القيم الواجب ضبطها عليها، وهذا أيضاً يختصر زمن الاستقرار والإقلال من قيمة تجاوز العتبة.

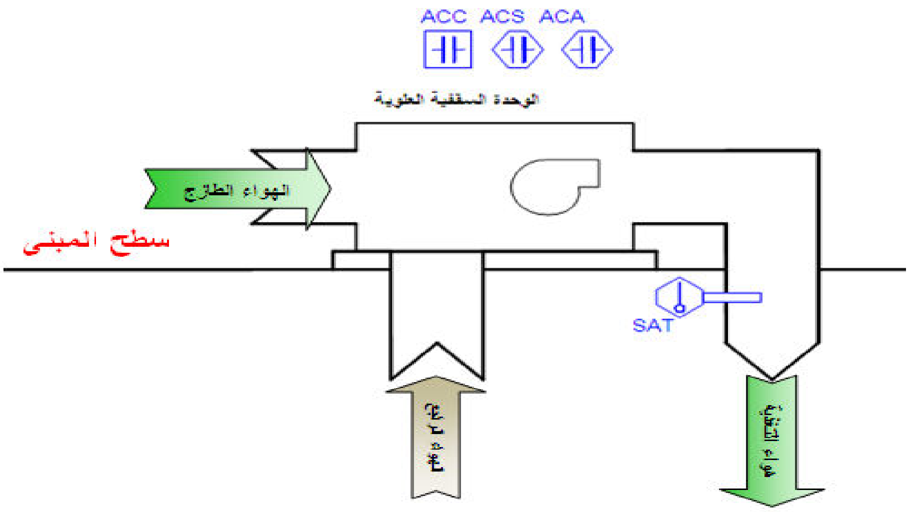


الشكل(٢- ٢٣): سطوح قواعد متحكم المنطق العائم لوحدة Fan Coil (العلاقة بين دخول متحكم Fan Coil وخروجه).

٢-٧ الوحدة العلوية السقفية (Roof Top(RT)).

- **المخطط الهندسي لوحدة RT:**

يبين الشكل (٢-٢٤) مخطط الوحدة العلوية السقفية مع أدوات الــBMS، والتي يجب ربطها معها.



الشكل(٢-٢٤): مخطط الوحدة العلوية السقفية (Roof TOP) مع أدوات BMS.

- **جدول بارامترات التحكم بوحدة RT:**

انظر الملحق(٢-٧).

- **النظام في وضع إطفاء (OFF):**

عندما يكون النظام في وضع OFF:

المروحة في وضع OFF، والنظام في حالة إغلاق.

- **جداول التشغيل في حالة المشغولية:**

تحدد من قبل مستخدمي النظام.

- **إقلاع النظام: عند إقلاع النظام:**

ينتج الـ BMS أمر لتفعيل النظام للمتحكم الإلكتروني بالوحدة

- **تشغيل النظام:**

١- يفعّل الـ BMS متحكم وحدة RT، بعد ذلك يعمل المتحكم بشكل مستقل.

٢- يراقب الـ BMS أوضاع الوحدة ويراقب الإنذارات الشائعة عن الأعطال من متحكم الوحدة.

- **إغلاق النظام:**

١- يغلق النظام آلياً من قبل الـBMS طبقاً لجداول التشغيل، أو من قبل المشغل اليدوي. أو عن طريق التجهيزات المترابطة معها في حال وجودها.

٢- عند إغلاق النظام يعيد الـBMS النظام إلى الوضع OFF (كما في فقرة توقف النظام).

٣- يغلق الـ BMS مروحة التغذية ومروحة الطرد ويولد رسالة إنذار مناسبة في حال اكتشاف أن درجة حرارة الهواء أقل من $5C^{O}$.

ملاحظة: لا تفعّل سلسلة إغلاق برامج BMS خلال العشر دقائق الأولى من إقلاع النظام.

- **ترابطات المكونات الصلبة لنظام BMS:**

تترابط المكونات الصلبة حسب الطلب.

٢-٨ النتائج والمناقشة:

١- تم من خلال البحث إعداد مخططات أتمتة وحدات معالجة الهواء المختلفة الأنواع من أجل إدخال هذه المنظومات في نظام BAS.

٢- جرى من خلال البحث تحديد نقاط التحكم الرقمي المباشر ونوعها لكل وحدة من وحدات معالجة الهواء السابقة.

٣- تم وضع تسلسل لمراحل عمل الوحدات السابقة وتحليل سلوك نظام الـ BAS عند كل مرحلة للاستفادة من هذا التسلسل في تصميم المتحكم المنطقي العائم.

٤- وُضعت من خلال البحث واجهات التطبيق العملي لـ BAS على وحدات معالجة الهواء.

٥- تم كتابة برامج DDC للتطبيقات السابقة.

٦- جرت من خلال البحث نمذجة ومحاكاة نظام BAS المطبق على وحدات معالجة الهواء باستخدام التحكم المنطقي العائم ووضع قواعد التحكم التي تعبر عن سلوك النظام وتوابع الانتماء للدخول والخروج التي تحسن من أداء النظام.

٧- تم وضع من خلال البحث واجهات تنفيذية باستخدام متحكمات رقمية مباشرة (FX15) للتحكم بوحدات معالجة الهواء.

٨- تبين من خلال نمذجة ومحاكاة وحدة معالجة الهواء باستخدام المتحكمات PID أنها تعمل بشكل جيد دون وجود ترابط بين البارامترات الأساسية (درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، معدل غاز CO_2) وهذا يقلل من متطلبات الشاغلين. أما باستخدام التحكم المنطقي العائم فإنها تعمل بشكل جيد مع وجود ترابط بين البارامترات الأساسية، مما يجعل هذه المتحكمات أفضل من متحكمات الـــ PID لأنها تلبي متطلبات الشاغلين أيضاً.

الفصل الثالث

الدراسة التصميمية لأنظمة التحكم والمراقبة (BAMS) بمنظومات الماء البارد وماء التدفئة وماء الاستخدام الساخن.

Designed Study of Control and Mentoring (BAMS) for Chilled Water (CW), Hot Water (HW) and Domestic Systems.

٣-١ مقدمة:

تعتبر منظومات التبريد والتدفئة وماء الاستخدام من أكبر مستهلكات الطاقة في المباني الحكومية المكتبية، نتيجة ظروف العمل التي تجعل تبديل الهواء الداخلي مستمراً وبالتالي لا يمكن المحافظة على درجة حرارة التكييف ثابتة ولو لفترة قصيرة وهذا يزيد الأحمال على منظومات التدفئة والتبريد، وبالتالي زيادة استهلاك الطاقة، كذلك إن الاستخدام غير المرشَّد لمناهل الماء الساخن في الغسيل والاستحمام يزيد كثيراً من هذه الأعباء.

إن للتحكم المركزي دوراً أساسياً في إدارة هذه المستهلكات ومراقبتها والتحكم بها والتحكم بجداول التشغيل وفقاً لحالة المشغولية والطقس.

لذلك يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار السمات الاقتصادية والبيئية عند توليد واستهلاك القدرة الحرارية المطلوبة في المبنى.

يقدم المنطق العائم بقواعده القوية في اتخاذ القرارات تقدير السلوك الحراري لمنظومتي التدفئة والتبريد بغية ضمان التشغيل المثالي للمنظومات، ومن أجل الصياغة الصحيحة لقواعد ودخول وخروج المتحكم المنطقي العائم يجب تحليل السلوك الحراري للمنظومتين.

ومن أجل تبسيط نظام التحكم تم تقسيم النظام إلى عدة أنظمة بسيطة فرعية تترابط بين بعضها البعض من أجل تكامل العمليات.

وبإدخال تقنيات الذكاء الصنعي (متحكمات المنطق العائم) تصبح عملية المراقبة والتحكم أكثر يسراً من استخدام التقنيات الكلاسيكية، نتيجة تمتعها بخصائص تجعلها متفوقة على قريناتها من المتحكمات الأخرى.

يتضمن الفصل:

١. **وضع الرسوم التخطيطية للأنظمة:** حيث تم وضع مخططات عامة لمنظومات تأمين الماء البارد وماء التدفئة ماء الاستخدام الساخن وتحديد مواقع أدوات التحكم والمراقبة لأنظمة الـــBMS المرتبطة معها.

٢. **وضع جداول النهايات الحقلية (بارامترات التحكم):** حيث يتم تحديد المداخل الرقمية والتشابهية والمخارج الرقمية والتشابهية، والترابطات والإنذارات المحتملة، وبالحد الأدنى من البارامترات للأنظمة السابقة والتي يجب توصيلها إلى نظام الـــBMS.

٣. **شرح تسلسل تشغيل الـــ BMS للأنظمة:** حيث تتضمن عرضاً عن تشغيل النظام الميكانيكي بالتسلسل الطبيعي وكيفية عمل متحكم الـــ BMS.

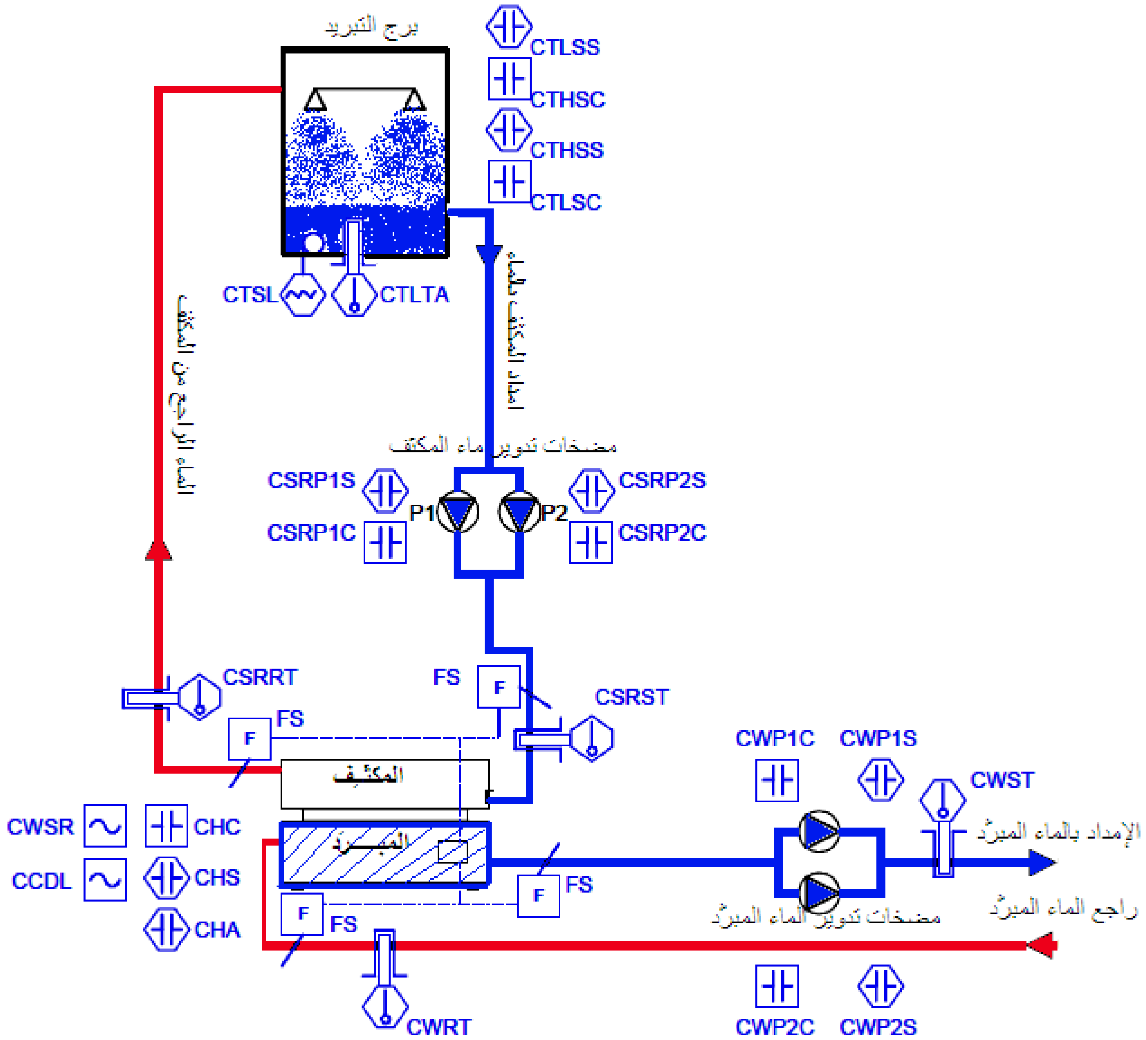
٤. **التطبيق العملي:** حيث يتم عرض الواجهات الحاسوبية للتطبيق، والبرامج المرتبطة معها، وجميعها من شركة جونسون للتحكم وبروتوكول BACnet.

٥. **وضع نماذج للمتحكمات الحديثة المقترحة:** حيث تم نمذجة سلوك وقواعد متحكمات المنطق العائم (Fuzzy Logic Controllers) للتحكم بالمنظومات السابقة باستخدام الحزمة البرمجية الـــMATLAB.

ملاحظة: تم التركيز في التصميم على التحكم بمنظومة التبريد (Cooling System) الأكبر استهلاكاً للطاقة الكهربائية في مبنى المجمع البلدي بحلب.

٣-٢ الدراسة والتصميم العام لنظام التحكم بمنظومة تأمين الماء البارد وماء المكثف:

- **المخطط الهندسي لمنظومة الماء المبرد وماء المكثف (الشكل٣-١):**



الشكل(٣-١): المخطط العام لمنظومة الماء المبرد وماء المكثف.

- **جدول بارامترات التحكم بمنظومة الماء المبرد وماء المكثف:**

انظر الملحق(٣-١).

- **النظام في وضع إطفاء (OFF) :**

عندما يكون النظام في وضع OFF:

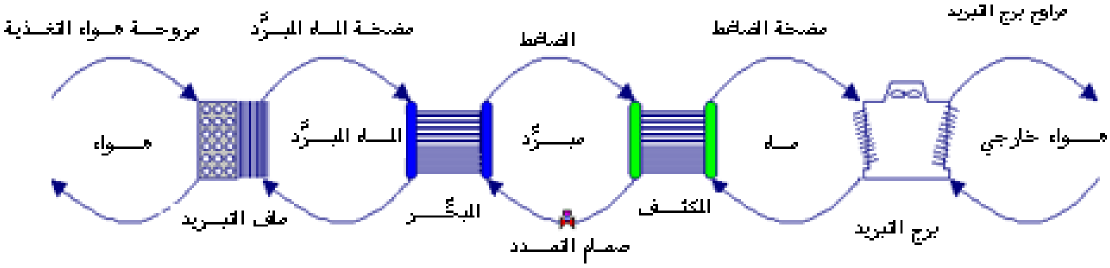
١. مضخات الماء المبرَّد في حالة إغلاق.
٢. المبردات مطبق عليها الأمر OFF.
٣. مضخات ماء المكثف في حالة OFF.
٤. مراوح برج التبريد في حالة OFF.
٥. حلقات التحكم غير مفعَّلة.

- **جداول تشغيل النظام في حالة المشغولية:**

١. يفعَّل النظام إما يدوياً بواسطة إرسال المشغل إشارة تحكم إلى BMCS بشكل يدوي أو آلياً بواسطة BMS طبقاً للجدول الزمني للتشغيل أو عند تشغيل AHU's.
٢. لمشغل BMS نمطين للتحكم، " BMS يدوي" و " BMS آلي" ، حيث يتم اختيار نمط التحكم من قبل المشغل يدوياً، وعند الإقلاع والإطفاء في النمط اليدوي لنظامي الماء المبرِّد وماء المكثف يتم بأمر يدوي فقط من قبل المشغل، أما في النمط الآلي يتم التحكم بالإقلاع والإطفاء آلياً من قبل BMS والذي يحدد تسلسل التشغيل.
٣. في النمط الآلي لـــ BMS، يعمل كلاً من نظام الماء المبرَّد ونظام ماء المكثف عند طلب التبريد من قبل وحدات معالجة الهواء المرتبطة معه وفقاً لوضعية صمام ملف التبريد، حيث يكون النظام في وضع OFF إذا كانت جميع الصمامات مغلقة، ويعمل النظام إذا تم فتح أي صمام بنسبة 10%، ويعمل في فترات المشغولية عندما تكون درجة الحرارة الخارجية فوق $25C^{O}$ بغض النظر عن وضعية صمام ملف التبريد.

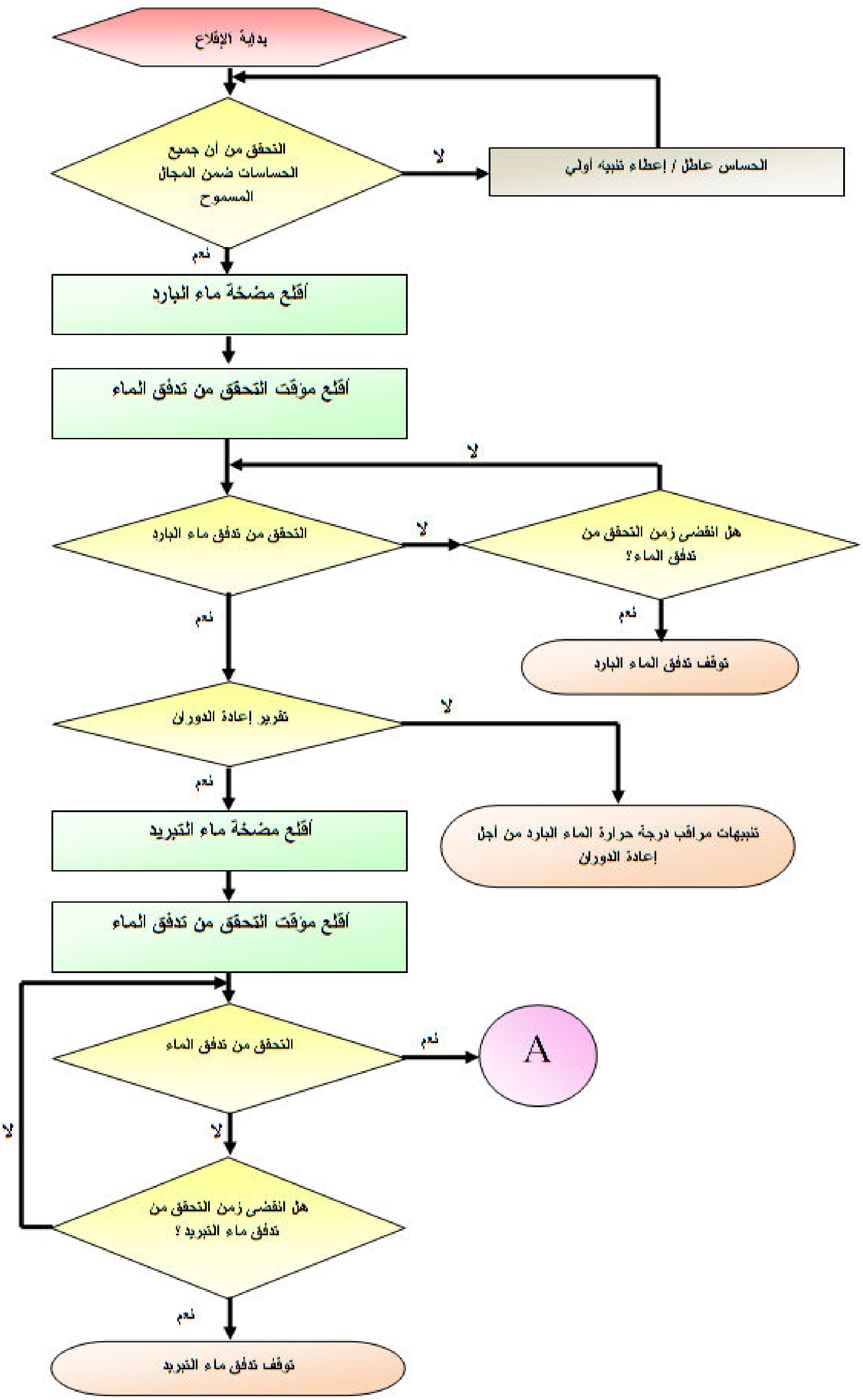
- **ــ أتمتة نظام تأمين الماء المبرَّد لوحدات تكييف الهواء:**

تحوي منظومة تأمين الماء المبرَّد لوحدات تكييف الهواء عدة حلقات تحكم مترابطة مع بعضها البعض ومتسلسلة في العمل، (الشكل ٣-٢) [20].

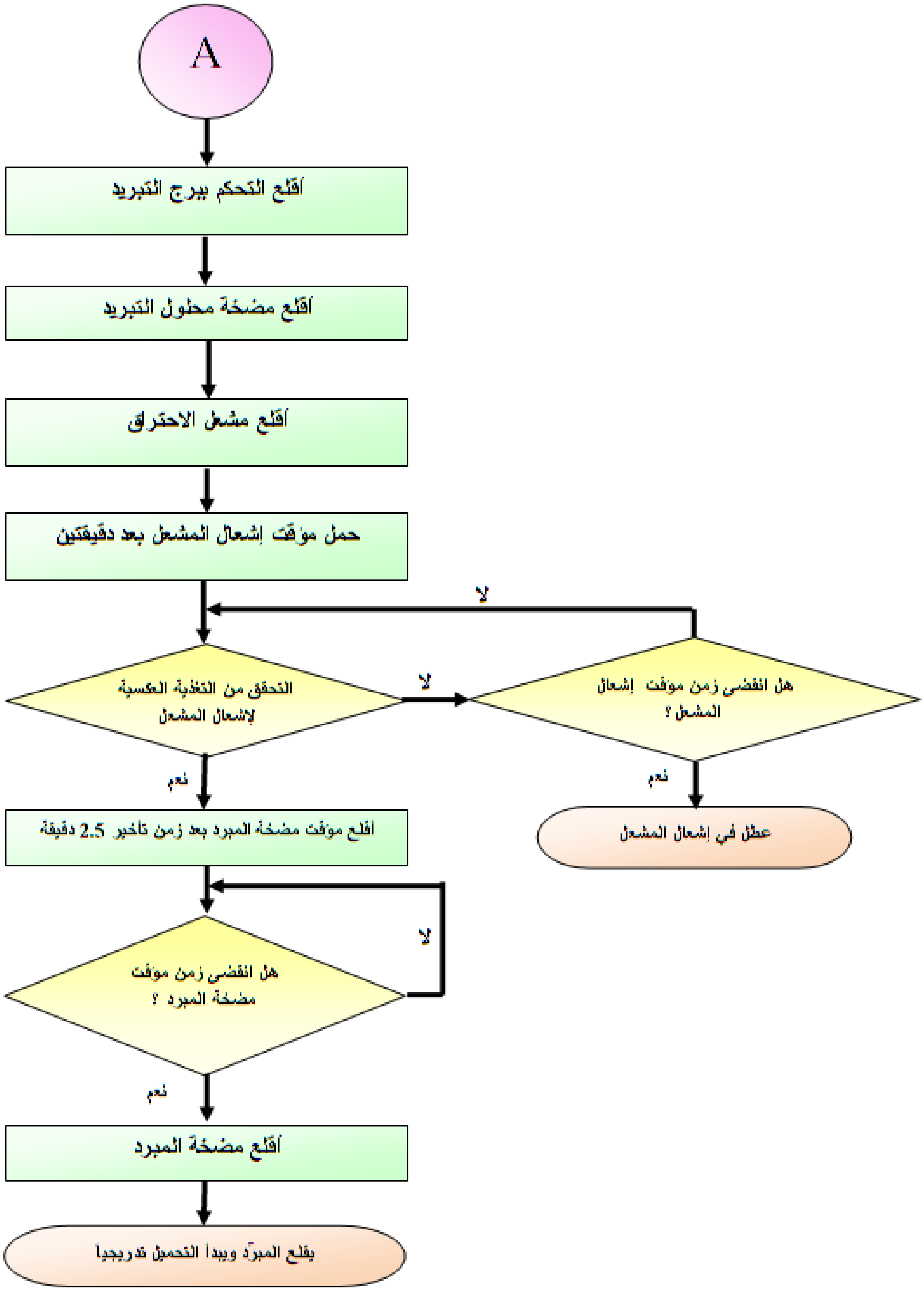


الشكل(٣-٢): حلقات التحكم لتأمين الماء المبرَّد.

- **يبين الشكل (٣-٣) المخطط النهجي للتحكم بمنظومة تأمين الماء البارد:**



بداية الإقلاع
التحقق من أن جميع الحساسات ضمن المجال المسموح
لا
الحساس عاطل / إعطاء تنبيه أولي
نعم
أقلع مضخة ماء البارد
أقلع موقت التحقق من تدفق الماء
لا
التحقق من تدفق ماء البارد
لا
هل انقضى زمن التحقق من تدفق الماء ؟
نعم
نعم
توقف تدفق الماء البارد
تقرير إعادة الدوران
لا
نعم
أقلع مضخة ماء التبريد
تنبيهات مراقب درجة حرارة الماء البارد من أجل إعادة الدوران
أقلع موقت التحقق من تدفق الماء
التحقق من تدفق الماء
نعم
A
لا
لا
هل انقضى زمن التحقق من تدفق ماء التبريد ؟
نعم
توقف تدفق ماء التبريد



الشكل (٣-٣): المخطط النهجي للتحكم بمنظومة تأمين الماء البارد.

- **إقلاع النظام:**

عند إقلاع النظام:

١. يقلع الــ BMS مضخة الماء المبرَّد (التي في الخدمة)، ــ يحدد الــ BMS مضخة الخدمة ومضخة الاحتياط استناداً إلى مجموع زمن التشغيل الكلي في كل مرة من إقلاع النظام، فالمضخة ذات الزمن الأقل توضع في الخدمة وذات الزمن الأطول توضع كاحتياط ــ وإذا لم تقلع مضخة الخدمة أو لم تفعَّل يُقلع الــBMS المضخة الاحتياطية التي تليها بأقل زمن تشغيل وهكذا.

٢. بعد التثبت من عمل مضخة الماء المبرَّد، يقلع الــBMS مضخة ماء المكثف "خدمة" ــ كذلك ينظم الــBMS عمل المضخات كما هو الحال في مضخات الماء المبرَّد ــ وإذا لم تقلع مضخة الخدمة أو لم تفعَّل يُقلع الــBMS المضخة الاحتياطية التي تليها بأقل زمن تشغيل وهكذا.

٣. بعد التثبت من عمل مضخة الماء المبرَّد وماء المكثف وبعد زمن تأخير ثلاثون ثانية، وإذا لم يوجد إنذار عن انخفاض مستوى ماء المكثف ينتج الــBMS إشارة تفعيل إلى لوحة التحكم بالمبرِّد المركبة من قبل مصنع المبرِّد، فالتفعيل يتم بواسطة الــBMS والتحكم بواسطة لوحة المبرِّد.

٤. يُزوَّد المبرِّد بمفاتيح حساسة لمنع تشغيل المبرِّد دون وجود تدفق لماء التغذية والراجع للمكثف.

٥. يراقب الــ BMS حالات المبرِّد وإنذارات أعطال المبرِّد من بيانات لوحة التحكم بالمبرِّد، بالإضافة إلى نهايات الأسلاك، حيث تعتبر الأعطال ونهايات الأسلاك والحاكمات المساعدة كنقاط مشتركة على الــ BMS.

٦. بعد التثبت من عمل مضخة ماء المكثف، يفعِّل الــ BMS التحكم بنظام ماء المكثف، وكذلك يتحكم الــ BMS بمراوح برج التبريد للإبقاء على درجة حرارة ماء تغذية المكثف.

- **تشغيل النظام:**

–إن نظام الــ BMS يرسل إشارات تحكم إلى لوحة التحكم بالمبرِّد وذلك من أجل إعادة ضبط القيمة المرجعية لدرجة حرارة الماء المبرَّد الذاهب ($6C^{O}$).

–بما أن المبرِّد المركب في المجمع البلدي من نوع الطارد المركزي فإن الــ BMS سينتج إشارة خرج آنية إلى لوحة التحكم بالمبرِّد لتحديد سعة التشغيل العظمى للمبرِّد وذلك وفقاً لشدة التيار الكهربائي.

–إذا كان برج التبريد مجهز بممر جانبي وكانت درجة حرارة الجو الخارجي أدنى من درجة الحرارة المرجعية لماء تغذية المكثف الموضوعة من قبل المشغل فسوف يعمل برج التبريد كممرر للماء فقط.

–أما إذا لم يكن برج التبريد مجهز بممر جانبي، كما هو الحال في المجمع البلدي، وكانت درجة حرارة الجو الخارجي أدنى من درجة الحرارة المرجعية لماء تغذية المكثف الموضوعة من قبل المشغل فستفتح كافة صمامات عزل الخلايا، وتسمح للماء المتدفق المرور بالبرج دون عمل المراوح.

-إذا ارتفعت درجة حرارة الجو الخارجي إلى قيمة أعلى من درجة الحرارة المرجعية (يعطى زمن تـأخير دقيقتين) فسوف تغلق صمامات عزل الخلايا وستقلع المروحة الرئيسة على السرعة المنخفضـة (لإبقـاء درجة حرارة ماء إمداد المكثف عند درجة الحرارة المرجعية).

-إذا كانت المروحة الرئيسة تعمل على السرعة المنخفضة كمرحلة أولى ودرجة حرارة ماء الإمداد ما تزال مرتفعة وبعد زمن تأخير يحدد من قبل المشغل ستحدث المراحل التالية لعملية التبريد:

١. المرحلة الثانية ــ مروحة الخلية الأولى على السرعة العالية.
٢. المرحلة الثالثة ــ مروحة الخلية الثانية على السرعة المنخفضة.
٣. المرحلة الرابعة ــ مروحة الخلية الثانية على السرعة العالية.
٤. المرحلة الخامسة ــ مروحة الخلية الثالثة على السرعة المنخفضة.
٥. المرحلة السادسة ــ مروحة الخلية الثالثة على السرعة العالية.
٦. الخ. لو كان هناك برج يحوي عدد خلايا أكثر من ذلك ولكن في حالتنا هذه يحوي على ثلاث خلايـا فقط.

يجب أن يحدد زمن التأخير بين كل مرحلة والتي تليها من قبل المشغل [20, 21].

- **إطفاء النظام:**

- يتم إطفاء النظام إما آلياً من قبل الــBMS أو وفقاً لجداول التشغيل والإطفاء أو حسب متطلبات التبريـد لوحدات معالجة الهواء، أو بأمر من المشغل اليدوي أو باستخدام التجهيزات المترابطة في العمل.
- يُغلق نظام ماء المكثف من قبل الــBMS إذا لم تكن وحدات المبرِّد عاملة.
- عند إطفاء النظام يُعيد BMS النظام إلى الحالة الابتدائية.

- **النقاط المرجعية للإنذارات:**

يصدر BMS إنذاراً:

- إذا كانت درجة حرارة الماء المبرَّد الذاهب خارج المجال المحدد من قبل المشـغل سواءً بالانخفـاض أو الارتفـاع والتـي بداية ستوضـع عند $(4 , 6)C^O$.
- إذا حدث للمضخات أو المبرِّد عطل ما أثناء الإقلاع أو أثناء الخدمة.
- إذا كانت درجة حرارة الماء الذاهب إلى المكثف خارج المجال المحدد من قبل المشغل سواءً بالانخفاض أو الارتفاع والتي بداية ستوضع على مجال سماحية $\pm 2C^O$ حول درجة الحرارة المرجعية.

- **النقاط المرجعية للنظام:**

تحدد النقاط المرجعية كالتالي:

- تكون النقطة المرجعية لدرجة حرارة ماء إمداد المكثف في بداية التشغيل $29C^O$ ، وخلال العمل الطبيعي وأثناء عمل مرشات الماء $16\ C^O$.
- الحد الأدنى لدرجة الحرارة الخارجية $3C^O$ والتي عندها يعمل النظام بوضع احتياطي (Bypass).

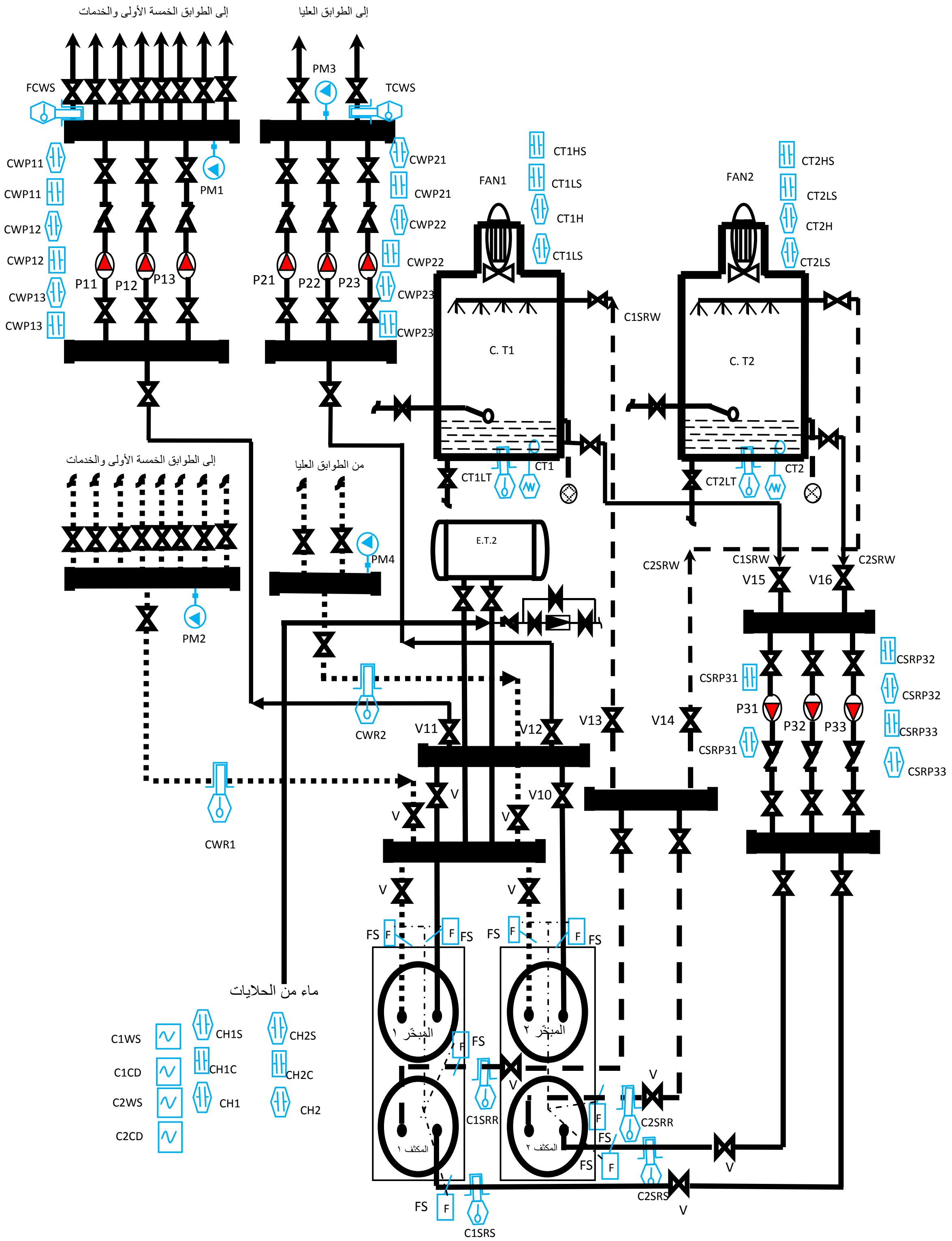
- زمن التأخير بين مراحل الخلايا 10 دقائق.
- درجة حرارة التحول لتنظيم مراحل إطفاء المراوح أدنى من درجة حرارة ماء الإمداد المرجعية بـــ $3C^{O}$
- درجة حرارة ماء إمداد المكثف المرجعية أثناء العمل $19C^{O}$ [10,13, 20].

٣-٣ تصميم نظام التحكم والمراقبة (BAMS) على نظام تأمين الماء البارد المركب في المجمع البلدي:

- **المخطط الهندسي لنظام الماء المبرد وماء المكثف (الشكل٣-٤).**
- **جدول بارامترات التحكم بنظام الماء المبرد وماء المكثف المركب في المجمع البلدي:**
  انظر الملحق(٣-٢).
- **تشغيل النظام قبل أتمتة منظومة التبريد:**

يبين الشكل (٣-٤) مخطط نظام التبريد، حيث يتم التحكم بتشغيل وإطفاء النظام يدوياً، وكذلك مراقبة أهم بارامترات المبرِّد من قبل المشغل، وتتم الأرشفة بطريقة التسجيل اليدوي على الورق وبأوقات غير منتظمة وغير مدروسة وهذا يؤدي إلى عدم أرشفة الإضرابات المفاجئة في عمل المبرِّد، كذلك يتم في هذه المنظومة تشغيل مضختين من كل مجموعة (مجموعة مضخات الطوابق الخمسة الأولى والخدمات P1، مجموعة مضخات الطوابق العليا P2، مجموعة مضخات برج التبريد P3) دون الأخذ بالاعتبار قيمة الضغط (مرتفع أو منخفض) والمضخة الثالثة تبقى كاحتياط في حال تعطل إحدى المضختين العاملتين، وعند عمل مضخة واحدة وإضافة مضخة أخرى للعمل تحدث إضرابات في التغذية الكهربائية وكذلك يحصل اندفاع شديد للماء الخارج من المبرِّد (تعمل المضخة على مرحلة واحدة فقط) مما يؤثر على عمل المبرِّد (السبب الرئيس لتعطيل المبرِّد فترة من الزمن)، وكذلك أبراج التبريد فإن المراوح ومرشات الماء تعمل يدوياً دون الأخذ بالاعتبار درجة حرارة الجو الخارجي مما يجعل أحياناً درجة الحرارة عالية أو منخفضة وخاصة كون أبراج التبريد لا تتعرض إلى تهوية طبيعية (موضوعة ضمن حوض) وهذا يؤثر على دور تبريد الماء القادم من المكثف وعمل المكثف .

تم تسجيل أهم بارامترات المبرِّد في النصف الأول من شهر آب 2008 م وفي وقت الذروة الساعة 12.30 صباحاً (الجدول ٣-١):



الشكل (٣-٤): المخطط التفصيلي لنظام تأمين الماء المبرَّد في المجمع البلدي.

الجدول(٣-١): بيانات عن بارامترات المبرِّد قبل أتمتة المنظومة.

بيانات عن برامترات المبرِّد في أوقات مختلفة من شهر آب ٢٠٠٨ م بتحكم كلاسيكي

م	درجة الحرارة الخارجية (C°)	الرطوبة النسبية RH%	درجة حرارة الفريون	درجة حرارة الماء الذاهب من المبرِّد	درجة حرارة الماء الراجع إلى المبرِّد	درجة حرارة المكثف	درجة حرارة الماء الذاهب إلى برج التبريد	درجة حرارة الماء الراجع من برج التبريد	نسبة الحمل %	درجة حرارة الزيت	ضغط الزيت
1	37.80	36	6.0	6.9	11.1	31.8	29.8	28.0	52	54.6	184.1
2	39.2	34	5.7	7.3	12.6	34.3	31.2	29.1	58	55.9	189.6
3	36.4	45	6.7	7.8	10.3	31.6	29.7	28.5	54	55.8	184.1
4	36.4	41	6.5	7.6	10.8	32.4	29.8	28.7	55	55.6	184.1
5	36.4	37	6.0	7.2	10.1	31.1	29.3	28.1	48	56.6	184.1
6	38.1	28	6.4	6.8	10.2	31.1	29.5	28.1	49	52.6	189.4
7	38.0	44.9	6.0	6.8	10.4	31.2	29.1	27.6	51	55.9	184.1
8	38.5	40.6	6.1	6.6	10.2	30.8	28.8	27.4	48	55.8	184.1
9	38.6	39.1	6.2	6.7	10.0	30.0	27.6	26.3	46	55.6	184.1
10	37	22	6.4	7.1	10.5	30.1	28.2	26.7	48	55.9	184.1
11	32.8	60	6.7	7.2	11.0	32.4	30.1	28.5	52	55.4	184.1
12	39.3	23	6.4	7.1	10.6	30.1	28.2	26.7	49	55.6	189.6
13	35.2	54	6.7	7.3	10.3	29.8	27.5	26.2	46	55.9	184.1
14	43	21	6.0	6.7	10.3	32.4	30.1	28.2	52	55.1	184.1
15	32.2	34	6.0	6.8	11.1	30.8	28.6	26.9	48	55.9	184.1

- **تطبيق نظام مؤتمت على منظومة التبريد باستخدام متحكمات رقمية مباشرة:**

تم التطبيق باستخدام متحكمات FX15 (جونسون للتحكم) وباعتماد البرمجة FX-AppMaker وبرتوكول BACnet للاتصالات، ثم تم رسم المخطط على واجهة حاسوبية باستخدام برنامج الرسم Micrografx Windows Draw وإظهار البارامترات الأساسية على المخطط (الشكل٣-٥):

١) القيمة المرجعية لدرجة الحرارة Temperature Setpoint (قابلة للتغيير).

٢) مجال تغيير درجة الحرارة المرجعية $(4.0 - 18.0)C^{O}$

٣) التحكم بتشغيل النظام – آلي (Auto System)، يدوي (Manual System)، إطفاء النظام (System Off).

٤) حساس درجة حرارة الماء الراجع (Temperature Sensor for CHW Return Water)

٥) إشارات التحكم لتشغيل المبردات (Chiller Command).

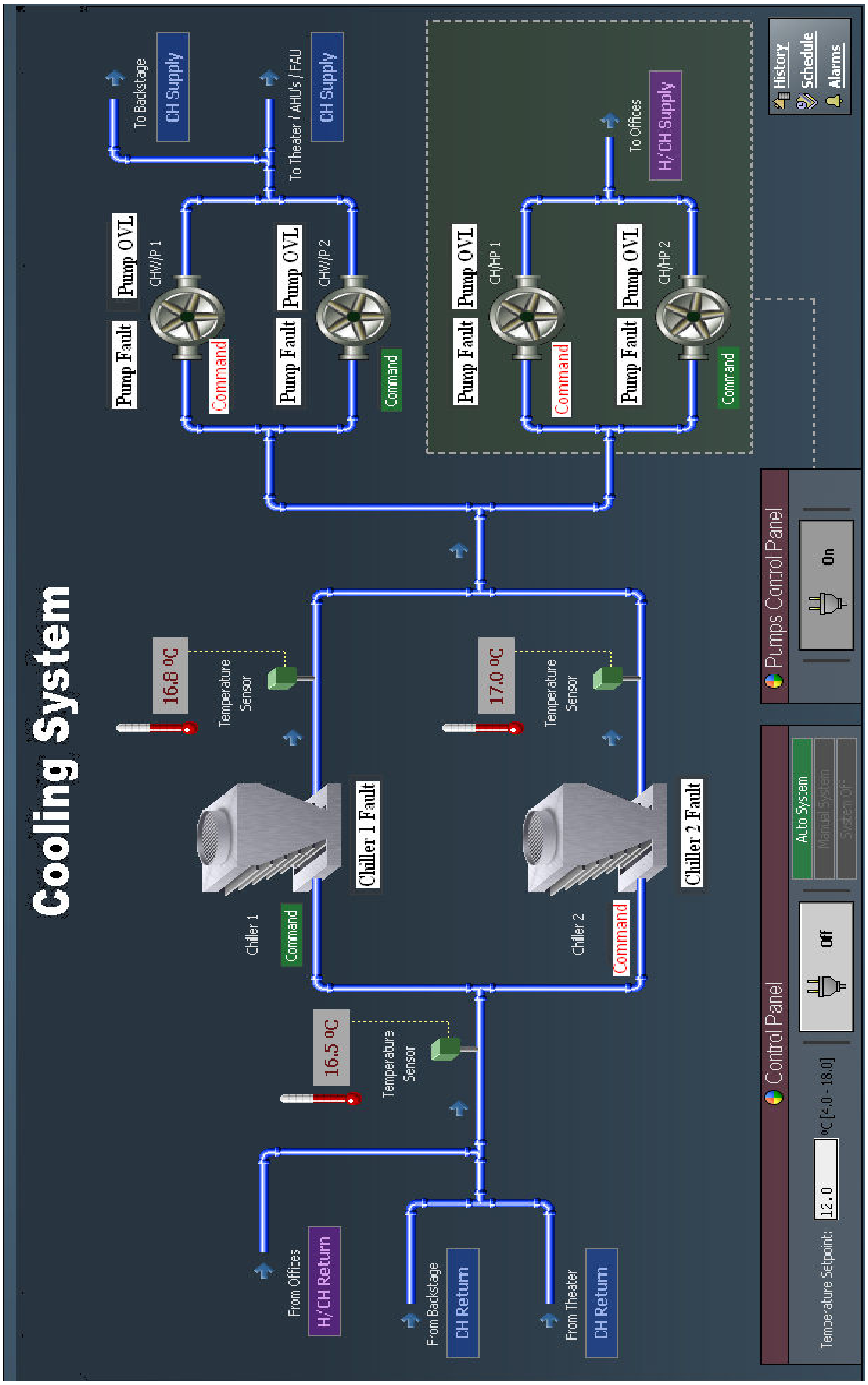
٦) حالة المبردات (Chiller Fault).

٧) حساس درجة حرارة الماء الذاهب من المبردات (Temperature Sensor for CHW Supply).

٨) لوحة التحكم بتشغيل المضخات – تشغيل (On)، إطفاء (Off).

٩) إشارات التحكم بتشغيل المضخات (Pump Command).

١٠) حالة المضخات (Pump Fault).
١١) المضخات في حالة حمل زائد (Pump OVL).
١٢) التأريخ (History).
١٣) جدول التشغيل (Schedule).
١٤) الإنذارات (Alarms).



الشكل(٣-٥): واجهة المشغل لمنظومة التبريد.

- **نتائج تطبيق الأتمتة على منظومة تأمين الماء البارد.**

تم تسجيل بيانات بارامترات المبرِّد في أوقات الذروة للنصف الثاني من شهر آب لعام 2008 م (الجدول٣-٢):

الجدول(٣-٢): بيانات بارامترات المبرِّد بعد أتمتة منظومة التبريد

بيانات عن برامترات المبرِّد في أوقات مختلفة من شهر آب ٢٠٠٨ بعد استخدام BMS											
م	درجة الحرارة الخارجية(C°)	الرطوبة النسبية RH%	درجة حرارة الفريون	درجة حرارة الماء الذاهب من المبرِّد	درجة حرارة الماء الراجع إلى المبرِّد	درجة حرارة المكثف	درجة حرارة الماء الذاهب إلى برج التبريد	درجة حرارة الماء الراجع من برج التبريد	نسبة الحمل %	درجة حرارة الزيت	ضغط الزيت
1	44.80	32	5.1	6.9	12.1	35.5	33.4	32.0	52	56.6	188.1
2	42.3	31	5.2	7.3	11.6	34.3	31.2	29.7	50	55.9	186.5
3	37.0	35	5.8	7.8	10.3	30.6	28.7	27.1	42	55.8	185.5
4	38.1	40	5.5	7.6	10.4	31.4	29.4	28.0	43	55.6	184.1
5	41.2	37	5.0	7.0	11.7	34.2	32.3	31.0	51	55.6	187.1
6	39.1	41	5.4	7.4	10.7	32.1	29.9	28.6	44	54.6	184.1
7	40.2	29	5.0	6.9	11.4	33.3	31.0	29.6	49	55.9	186.4
8	38.7	30	5.1	7.2	10.6	31.7	29.8	28.4	43	55.8	185.3
9	36.9	42	5.2	7.2	10.55	29.9	27.7	26.2	42	56.6	184.1
10	35.8	45	5.4	7.3	10.4	30.0	28.2	25.2	42	55.9	184.1
11	34.2	45	5.5	7.5	10.3	28.4	26.5	27.0	40	55.4	183.3
12	33.1	44	5.6	7.7	10.2	28.0	26.2	25.0	38	55.6	182.2
13	35.0	43	5.7	7.6	10.3	29.0	27.3	26.0	40	55.9	184.1
14	39.4	28	5.1	7.0	11.2	32.2	30.4	28.9	42	55.1	185.1
15	43.2	22	5.4	7.3	11.3	34.8	31.9	30.5	48	56.9	186.2

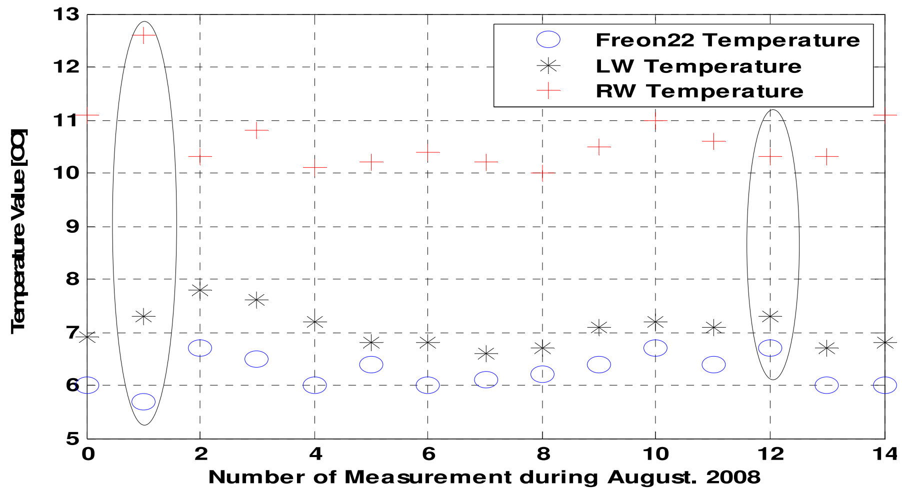
- **مقارنة بين البارامترات الأساسية لمنظومة تأمين الماء البارد قبل تطبيق الأتمتة والبارامترات الأساسية بعد تطبيق الأتمتة على المنظومة.**

إن بارامترات النظام الأساسية هي:

- ✓ درجة حرارة سائل التبريد (الفريون 22) Freon 22 Temperature.
- ✓ درجة حرارة الماء الذاهب من المبرِّد Leaving Water Temperature.
- ✓ درجة حرارة الماء الراجع إلى المبرِّد Return Water Temperature.
- ✓ درجة حرارة للمكثف Condenser Temperature.
- ✓ درجة حرارة الماء الراجع إلى برج التبريد Condenser Return Water Temperature
- ✓ درجة حرارة الماء الذاهب من برج التبريد Condenser Supply Water Temperature

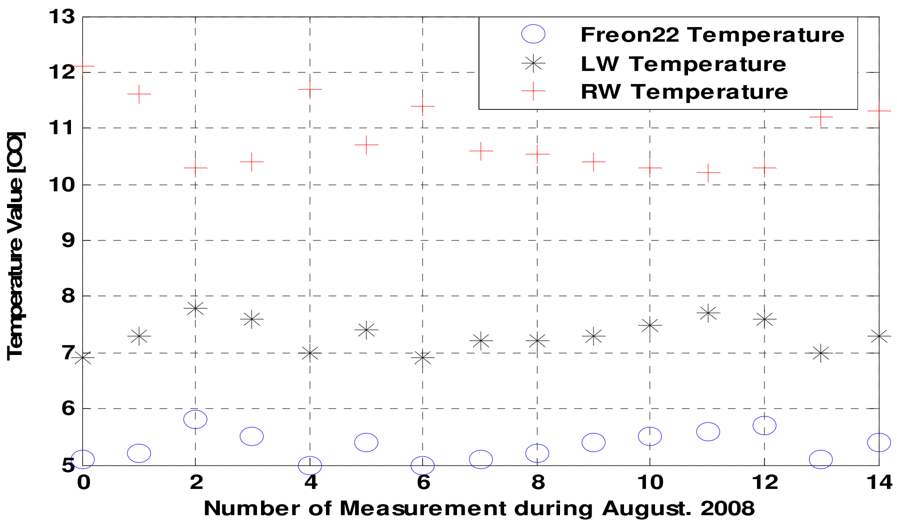
✓ حمل المبرِّد Load of Chiller .

من معطيات الجدول (٣-١) يمكن رسم منحنيات تغيرات درجات حرارة سائل التبريد والماء الذاهب والراجع من وإلى المبرِّد (الشكل ٣-٦):



الشكل(٣-٦): تغيرات درجات حرارة الفريون والماء الذاهب من المبرِّد والماء الراجع إلى المبرِّد قبل تطبيق الأتمتة على منظومة التبريد.

ومن معطيات الجدول (٣-٢) يمكن رسم المنحنيات السابقة بعد تطبيق الأتمتة على المنظومة الشكل (٣-٧):



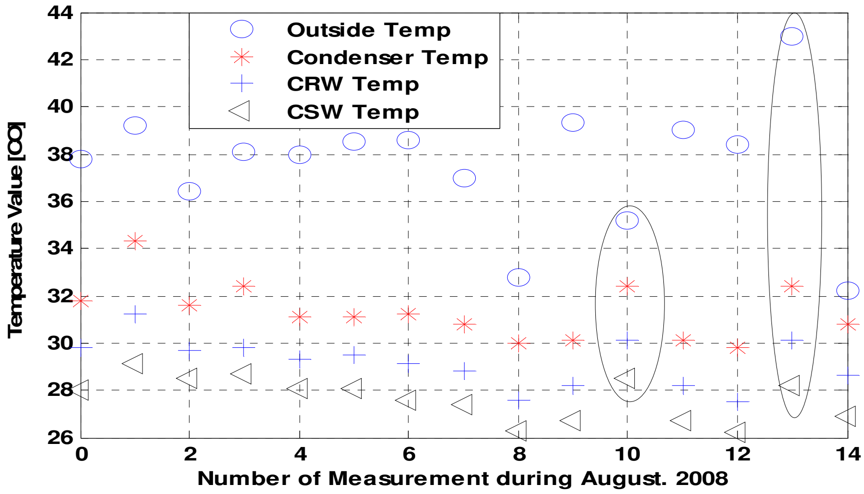
الشكل(٣-٧): تغيرات درجات حرارة الفريون والماء الذاهب من المبرِّد والماء الراجع إلى المبرِّد بعد تطبيق الأتمتة على منظومة التبريد.

يبين الشكل(٣-٦) عدم الخطية (كما هو مشار إليها بحلقات حولها) بين درجات حرارة سائل التبريد (Freon22)، والماء الذاهب من المبرِّد Leaving water temperature، والماء الراجع إلى المبرِّد Return water temperature، ووجود تجاوزات كبيرة في علاقة البارامترات مع بعضها البعض (كما هو

مشار إليها بحلقات حولها) وهذا ناتج عن التحميل المفاجئ للمبرِّد (تشغيل أو إطفاء مضخة من مضخات الطوابق العليا أو مضخات الطوابق الخمسة الأولى والخدمات).

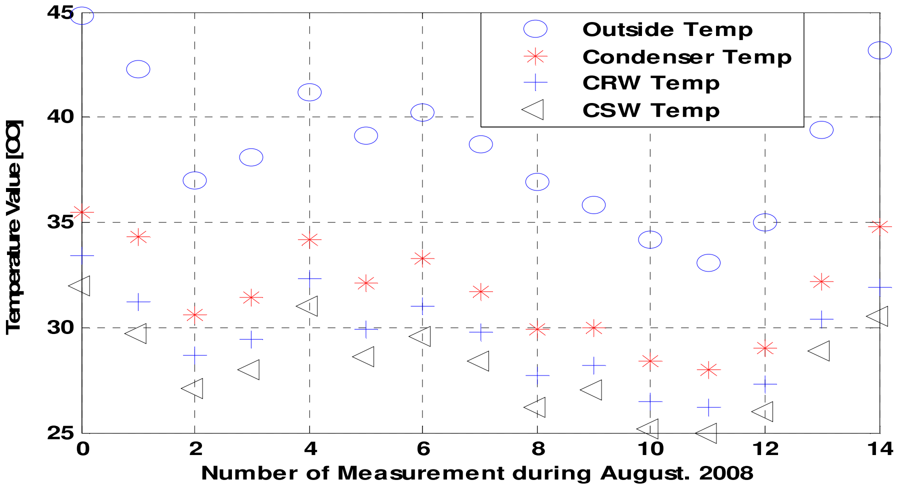
أما في الشكل(٣-٧) نلاحظ أن البارامترات ترابطت مع بعضها البعض بعلاقة أكثر خطية من ترابطها في النظام الكلاسيكي وهذا ناتج عن أتمتة النظام وتشغيل المضخات على عدة مراحل آلياً للوصول إلى الضغط المطلوب، ومن ملاحظة المستثمرين للنظام تبين زوال الإنفراغ في شبكة تمديدات دارة الماء البارد والتي تؤدي إلى اهتزازات في الأنابيب ووحدات الـ Fan Coil ووحدات معالجة الهواء مما أدى إلى تسرب المياه من أماكن توصيل التمديدات وتعطيل بعض وحدات الـ Fan Coil وتعطيل ثلاث وحدات معالجة هواء وعدم وصول الماء إلى بعض الوحدات بسبب تشكل فقاعات هوائية لعدم تمكن التنفيسات المركبة من تفريغ هواء الفقاعات الناتجة عن الاندفاعات المفاجئة الناتجة.

ومن معطيات الجدول (٣-١) يمكن رسم منحنيات تغيرات درجات حرارة المكثف والماء الذاهب والراجع من وإلى المكثف ودرجة حرارة الوسط الخارجي (الشكل ٣-٨):



الشكل(٣-٨): تغيرات درجات الحرارة للمكثف والماء الراجع إلى برج التبريد والماء الذاهب من برج التبريد ودرجات حرارة الوسط الخارجي قبل تطبيق الأتمتة على منظومة التبريد.

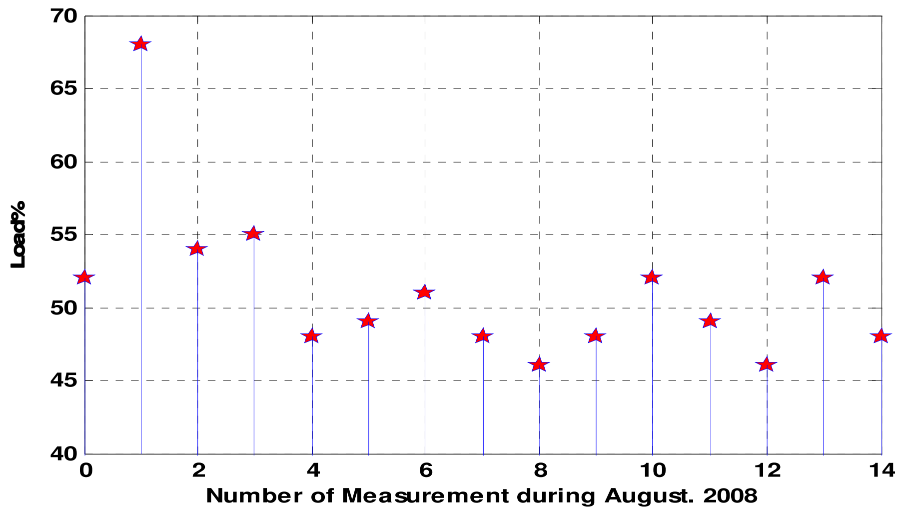
ومن معطيات الجدول (٣-٢) يمكن رسم المنحنيات السابقة بعد تطبيق الأتمتة الشكل (٣-٩):



الشكل(٣-٩): تغيرات درجات الحرارة للمكثف والماء الراجع إلى برج التبريد والماء الذاهب من برج التبريد ودرجات حرارة الوسط الخارجي بعد تطبيق الأتمتة على منظومة التبريد.

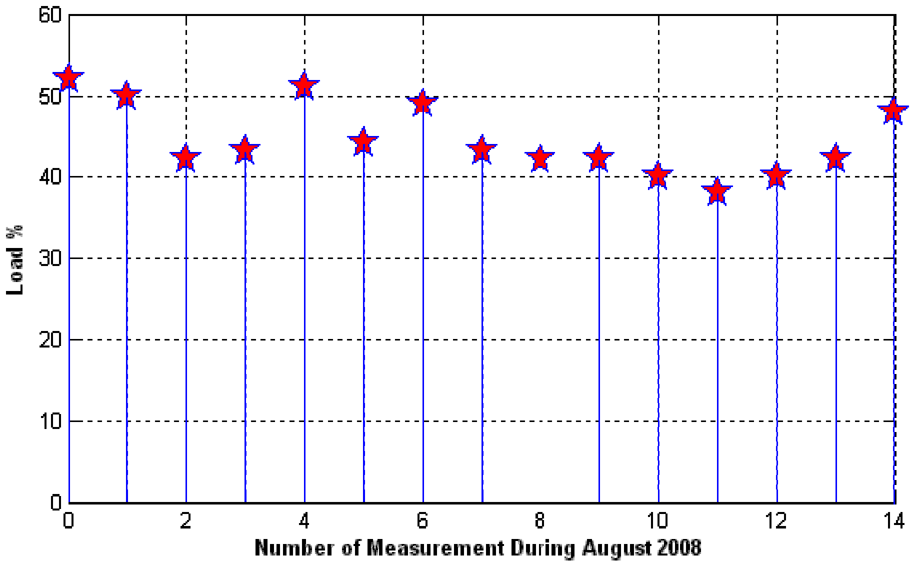
يبين الشكل(٣-٨) عدم الخطية بين درجات الحرارة للمكثف Condenser temperature، والماء الراجع إلى برج التبريد Condenser water return temperature، والماء الذاهب من برج التبريد Condenser water supply temperature، ودرجات حرارة الوسط الخارجيoutside temperature، ووجود تجاوزات كبيرة في علاقة البارامترات مع بعضها البعض (كما هو مشار إليها بحلقات حولها) وهذا ناتج عن التحميل المفاجئ لمراوح برج التبريد ومضخات البرج P3 وعن الزيادات المفاجئة في درجات حرارة المكثف. أما في الشكل(٣-٩) نلاحظ أن البارامترات ترابطت مع بعضها البعض بعلاقة أكثر خطية من ترابطها قبل أتمتة النظام وهذا ناتج عن مرونة وتسلسل تشغيل نظام الأتمتة لمراوح ومضخات برج التبريد ومضخات ماء التدفئة.

ومن معطيات الجدول (٣-١) يمكن رسم منحني تغيرات حمل المبرِّد (الشكل ٣-١٠):



الشكل(٣-١٠): تغيرات حمل المبرِّد قبل تطبيق الأتمتة على منظومة التبريد.

ومن معطيات الجدول (٣-٢) يمكن رسم المنحني السابق بعد تطبيق الأتمتة الشكل (٣-١١):



الشكل(٣-١١): تغيرات حمل المبرِّد بعد تطبيق الأتمتة على منظومة التبريد.

يبين الشكل(٣-١٠) مجال التغير الكبير في أحمال المبرِّد (من 46% حتى 68%) عنـد درجـات حـرارة خارجية متقاربة (من 32 C° حتى 43 C°) مما أدى إلى تعطل أحد المبردين فترة طويلة من الزمن (حوالي ثلاثة أشهر) في اليوم الذي وصلت فيه درجة الحرارة إلى 45 C° بسبب عدم تنظيم التحميـل علـى المبـرِّدين المركبين وعدم تنظيم عمل بقية تجهيزات منظومة التبريد.

أما في الشكل(٣-١١) نلاحظ أن مجال التغير في أحمال المبرِّد (من 38% حتى 52%) عند درجات حرارة خارجية متقاربة (من 33 C° حتى 45 C°) أصبح أصغر بـ 8-16% من المجال السابق علماً أن مجال تغير درجة الحرارة ازداد درجة مئوية واحدة ، وهذا ناتج عن تنظيم التحميل على المبرِّدين المركبين وتنظـيم عمـل بقية تجهيزات منظومة التبريد.

نستنتج مما سبق أن أتمتة منظومة التبريد تجعل المنظومة تؤدي أداءً أفضل من أداءها بدون أتمتة وتقلل مـن عمليات الصيانة والأعطال الباهظة الثمن في الإصلاح وتزيد من عمر التجهيزات نتيجة عدم زيـادة التحميـل عليها بسبب توزيع التحميل بين العناصر المتماثلة في العمل.

كما تبين أن كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة انخفضت بسبب أداء المنظومة طبقاً لظروف الطقس الخـارجي ومشغولية المبنى.

ملاحظات حول التطبيق:

١. حدوث اهتزازات كهربائية على تيار التغذية الكهربائية وهذا ناتج عن عمل المستهلكات الكبيرة للتيـار الكهربائي (مضخات، مراوح، مبرِّدات) بمرحلة واحدة.

٢. لا يؤخذ بعين الاعتبار الضغط الناتج عن المضخات وإنما تعتبر درجة حرارة الماء الراجع إلى المبرِّدات هي المرجع للتحكم فقط، مما جعل الطوابق العلوية تعاني من عدم وصول ماء التبريد في كثير من الأحيان إلى وحدات معالجة الهواء.

٣. تحتاج النقطة المرجعية (Setpoint) إلى إعادة التعيير وفقاً للطقس وفي حال عدم مراقبتها من قبل المستخدم يؤدي ذلك إلى زيادة التبريد أحياناً أو إنقاصه أحياناً أخرى.

٤. ارتفاع التكلفة الابتدائية للتركيب.

٣-٤ نمذجة التحكم بتجهيزات تأمين الماء البارد في المجمع البلدي باستخدام تحكم المنطق العائم.

باعتماد المعرفة السابقة وتحليل عمل النظام وعلاقة المداخل مع المخارج والأوامر بينهما يمكن برمجة متحكم منطقي عائم (Fuzzy Logic Controller) باستخدام الـ Tool Books الخاص بـ Fuzzy Logic المتوفر في البيئة البرمجية لـ MATLAB، وذلك من أجل تفادي السلبيات الموضحة سابقاً والاستفادة من سمات متحكمات المنطق العائم. ولتسهيل التحكم تم تجزئة النظام إلى عدة أنظمة فرعية.

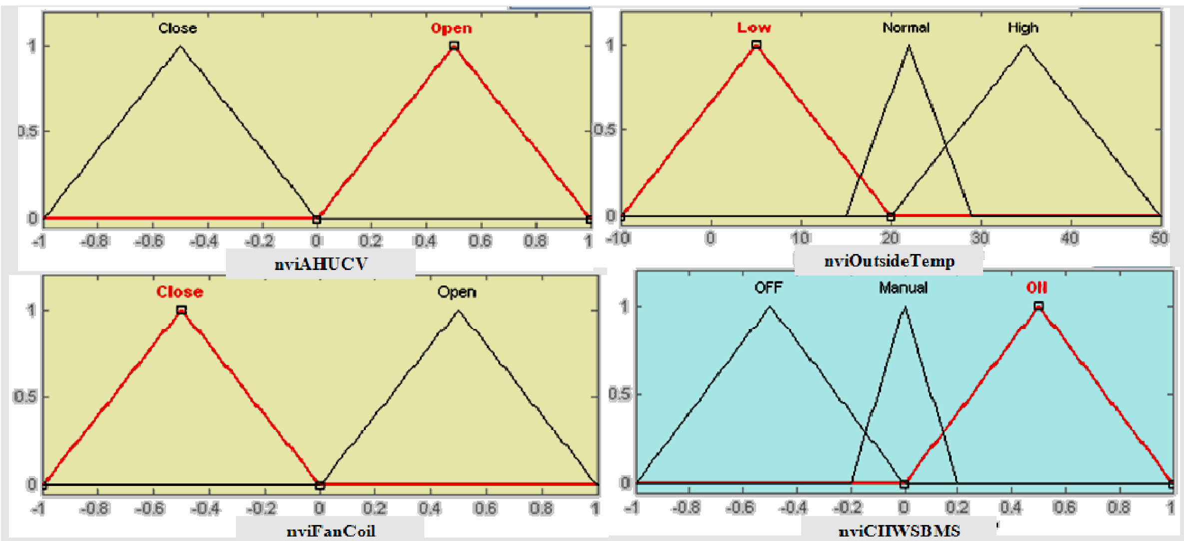
❖ **نمذجة التحكم بتشغيل نظام الـ BMS لتأمين الماء المبرَّد باستخدام متحكم منطقي عائم:**

يتم التشغيل بعد تلقي نظام تأمين الماء المبرَّد إشارات تحكم من وحدات معالجة الهواء، ومن حساس درجة الحرارة الخارجية (الشكل٣-١٢) [19].



الشكل(٣-١٢): التحكم بتشغيل نظام الـBMS لتأمين الماء المبرَّد (CHWSBMS) Chilled Water System BMS

- مداخل ومخرج متحكم المنطق العائم (الشكل ٣-١٣):



الشكل(٣-١٣): توابع الانتماء لمداخل ومخرج متحكم المنطق العائم بنظام AHUCWS.

وتحكم علاقة الدخل مع الخرج لنظام الرئيس AHUCWS القواعد التالية:

1-If (AHUCV is Close) and (OutsidTemp is Low) and (FanCoil is Close) then (CHWSBMS is OFF)

2-If (AHUCV is Close) and (OutsidTemp is Normal) and (FanCoil is Close) then (CHWSBMS is OFF)

3-If (AHUCV is Open) or (OutsidTemp is High) or (FanCoil is Open) then (CHWSBMS is ON)

حيث أن:

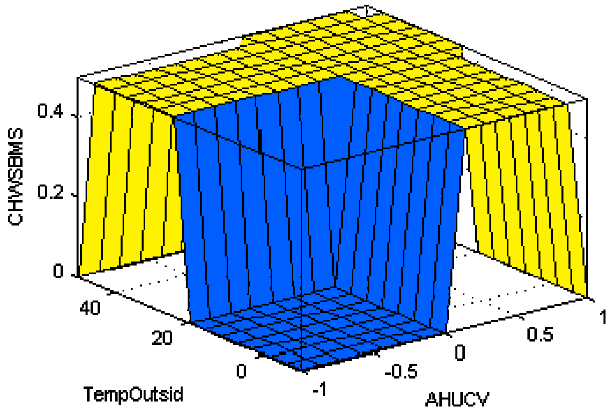
AHUCV: صمام التغذية بالماء البارد لوحدة معالجة الهواء(مغلق، مفتوح).

OutsidTemp: درجة الحرارة الخارجية(منخفضة، طبيعية، عالية).

FanCoil: صمام وحدة الــ Fan Coil (مغلق، مفتوح).

CHWSBMS: نظام التحكم والمراقبة بنظام الماء المبرَّد(إطفاء، تشغيل، يدوي).

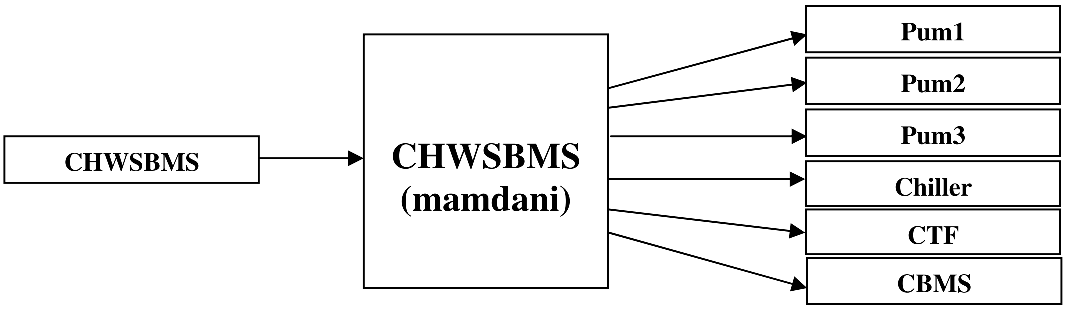
- يمكن إظهار سطح التحكم لمتحكم المنطق العائم CHWSBMS (الشكل ٣-١٤):



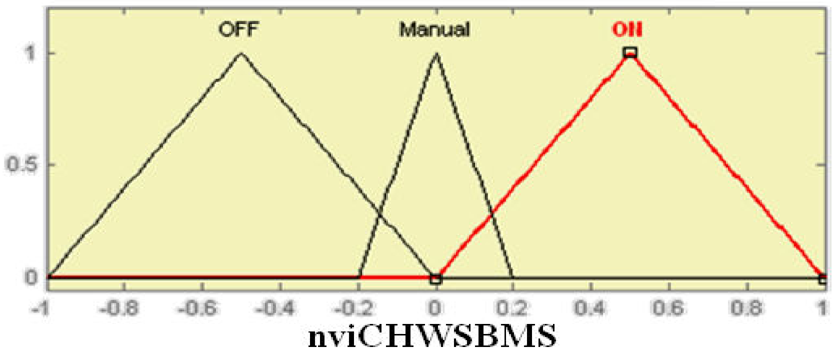
الشكل(٣-١٤): سطح التحكم CHWSBMS(TempOutsid, AHUCV).

❖ **نمذجة التحكم بتشغيل وإطفاء المضخات، المبرِّدات، مراوح أبراج التبريد، باستخدام متحكم منطقي عائم.**

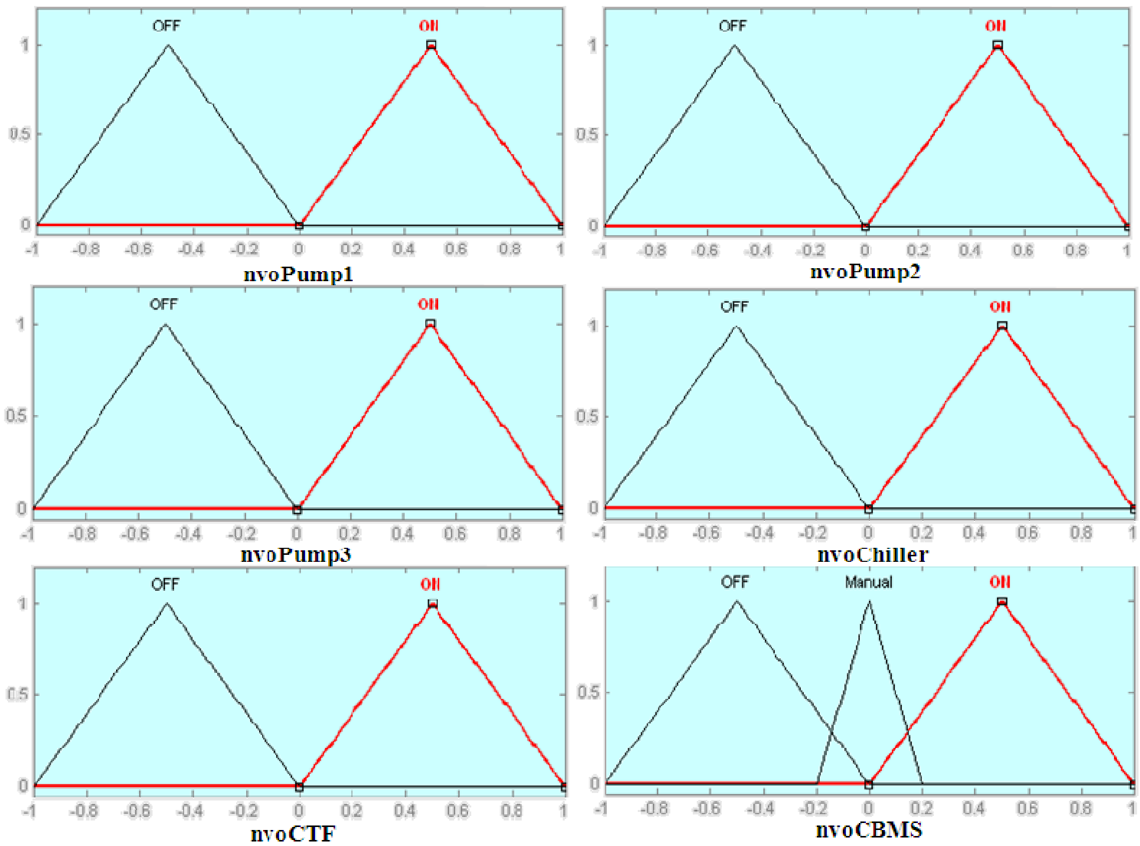
تعمل المجموعة وفق نظام العمل في مراحل أتمتة النظام، حيث أنه عند تشغيل نظام التحكم بتجهيزات تأمين الماء المبرَّد السابقة CHWSBMS يرسل إشارات تحكم لتشغيل مضخات الماء الذاهب إلى الطوابق الخمسة الأولى والخدمات Pump1 ، ومضخات الماء الذاهب إلى الطوابق العليا Pump2، والمبرِّدات Chillers، ومراوح أبراج التبريد Cooling Tower Fans (CTF) ، بالإضافة إلى تجهيزات نظام إدارة التحكم بالبناء Control BMS(CBMS)، (الأشكال ٣-١٥ و ٣-١٦ و ٣-١٧).



الشكل(٣-١٥): التحكم بتشغيل التجهيزات الرئيسة لـــ CHWSBMS



الشكل(٣-١٦): توابع الانتماء لمدخل متحكم المنطق العائم بنظام CHWSBMS.



الشكل(٣-١٧): توابع الانتماء لمخارج متحكم المنطق العائم بنظام CHWSBMS.

وتحكم علاقة الدخل مع الخرج لنظام CHWSBMS القواعد التالية:

1-If (CHWSBMS is OFF) then (Pump1 is OFF) and (Pump2 is OFF) and (Pump3 is OFF) and (Chiller is OFF) and (CTF is OFF) and (CBMS is OFF).

2-If (CHWSBMS is ON) then (Pump1 is ON) and (Pump2 is ON) and (Pump3 is ON) and (Chiller is ON) and (CTF is ON) and (CBMS is ON)

3-If (CHWSBMS is Manual) then (CBMS is Manual).

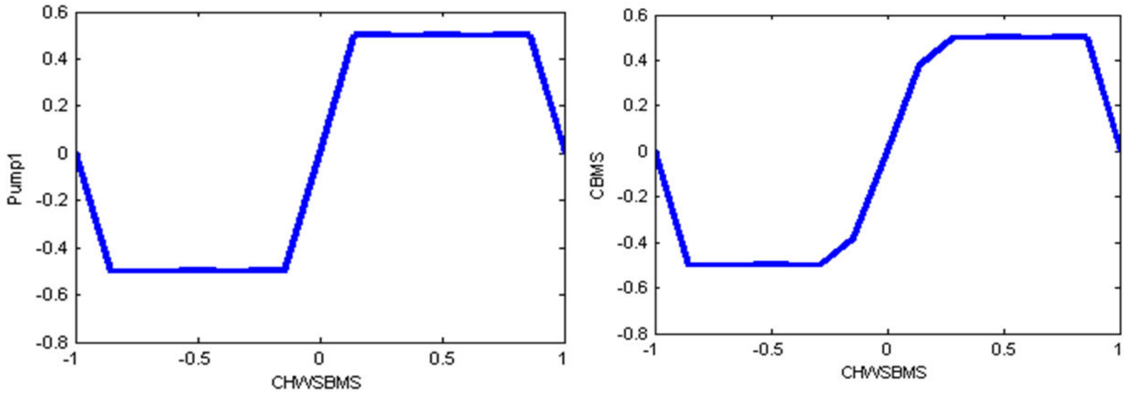
حيث أن:

Pump1: التحكم بتشغيل مجموعة مضخات الماء إلى الطوابق الخمسة الأولى والخدمات (إطفاء، تشغيل).

Pump2: التحكم بتشغيل مجموعة مضخات الماء إلى الطوابق العليا (إطفاء، تشغيل).

Pump3: التحكم بتشغيل مجموعة مضخات ماء المكثف (إطفاء، تشغيل).

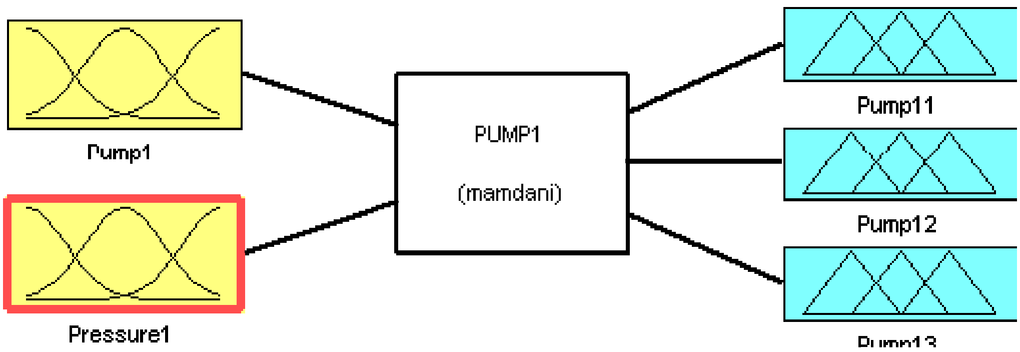
- يبين الشكل (٣-١٨) منحنيي قواعد متحكم المنطق العائم لنظام CHWSBMS:



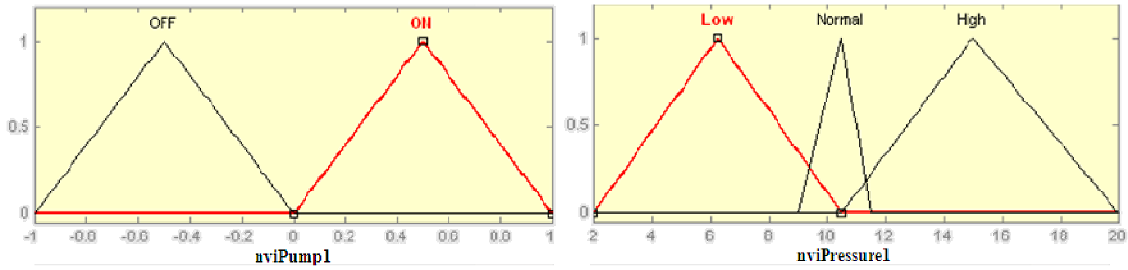
الشكل(٣-١٨): منحنيي تغيرات Pump1(CHWSBMS) و CBMS(CHWSBMS).

❖ **نمذجة التحكم بتشغيل وإطفاء ودورات عمل مجموعة مضخات الماء المبرَّد الذاهب إلى الطوابق الخمسة الأولى والخدمات Pump1 (P1) باستخدام متحكم منطقي عائم.**

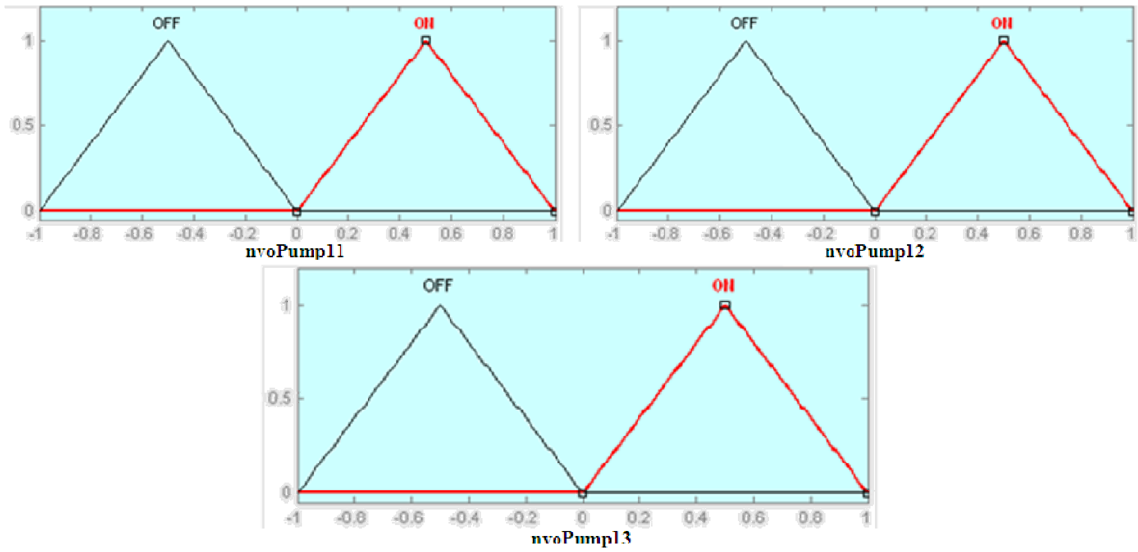
وهو عبارة عن نظام فرعي يتحكم بإدارة وتشغيل وإطفاء المضخات ضمن المجموعة نفسها بشـــروط مماثلـــة لمراحل أتمتة النظام (الأشكال٣-١٩ و ٣-٢٠ و ٣-٢١).



الشكل(٣-١٩): التابع الوظيفي للمتحكم العائم لعمل مجموعة المضخات Pump1.



الشكل(٣-٢٠): توابع الانتماء لمدخلي متحكم المنطق العائم بنظام Pump1.



الشكل(٣-٢١): توابع الانتماء لمخارج متحكم المنطق العائم بنظام Pump1.

يبدأ نظام التحكم بتشغيل المضخة ذات أقل زمن تشغيل وجاهزة للعمل ثم تتوالى عمليات التشغيل دقيقة وفقاً لقواعد FUZZY LOGIC الموضوعة لهذا الغرض التالية:

1-If (Pump1 is ON) and (Pressure is Low) then (Pump11 is ON) .
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /

2-If (Pump1 is ON) and (Pressure is Low) then (Pump12 is ON) .
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /

3-If (Pump1 is ON) and (Pressure is Low) then (Pump13 is ON) .
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /

4- If (Pump1 is ON) and (Pressure is High) then (Pump11 is OFF) .
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /

5-If (Pump1 is ON) and (Pressure is High) then (Pump12 is OFF) .
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /

6-If (Pump1 is ON) and (Pressure is High) then (Pump13 is OFF) .
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /

7-If (Pump1 is OFF) then (Pump11 is OFF) and(Pump12 is OFF) and(Pump13 is OFF) .

حيث أن:

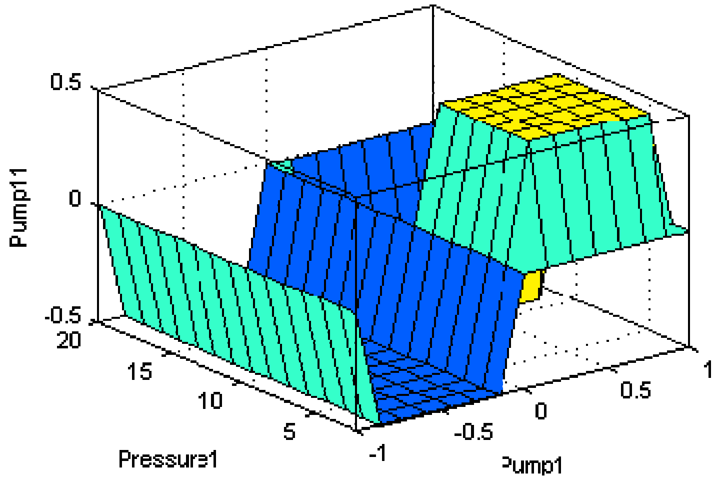
Pump11: التحكم بتشغيل مضخة الماء الأولى من مجموعة Pump1 (إطفاء، تشغيل).

Pump12: التحكم بتشغيل مضخة الماء الثانية من مجموعة Pump1 (إطفاء، تشغيل).

Pump13: التحكم بتشغيل مضخة الماء الثالثة من مجموعة Pump1 (إطفاء، تشغيل).

Pressure: الضغط عند مخرج مجموعة المضخات Pump1 (منخفض، طبيعي، مرتفع).

- يمكن إظهار استجابة العناصر التنفيذية لأوامر دخل النظام Pump1 من سطح التحكم لمتحكم المنطق العائم (الشكل ٣-٢٢):

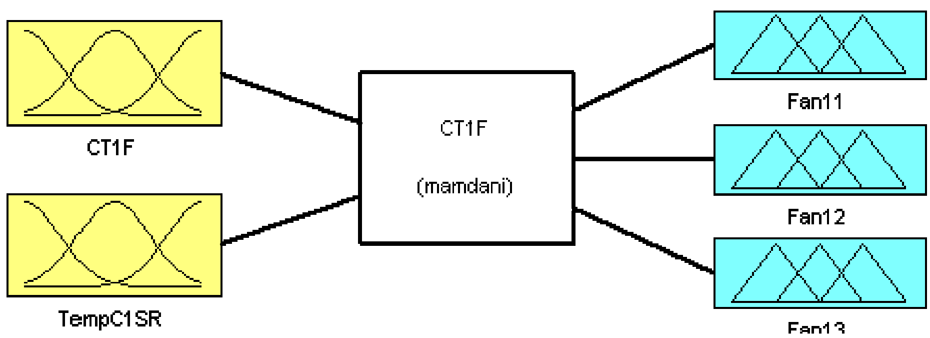


الشكل(٣-٢٢): سطح التحكم لمتحكم المنطق العائم(Pump11(Pressure1,Pump1.

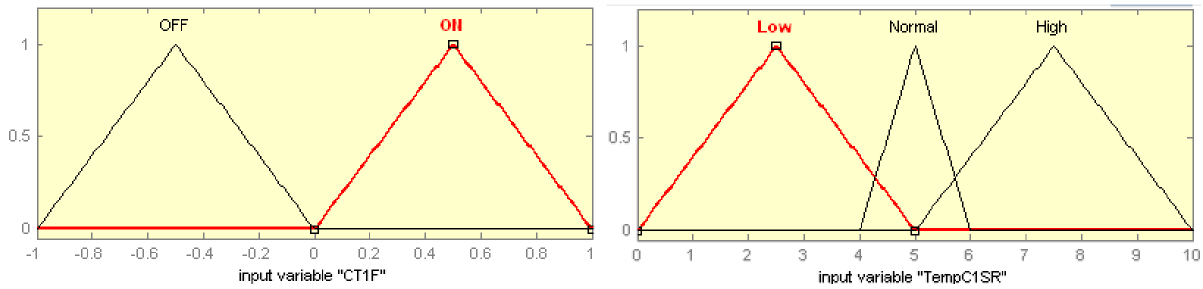
ملاحظة: يتم التحكم بمجموعة مضخات الماء الذاهب إلى الطوابق العليا Pump2، ومجموعة مضخات الماء الذاهب إلى المكثف Pump3 بشروط مماثلة لمجموعة مضخات Pump1.

❖ **نمذجة التحكم بتشغيل وإطفاء ودورات عمل مجموعة مراوح بـــرج التبريـــد الأول CT1F باســـتخدام متحكم منطقي عائم.**

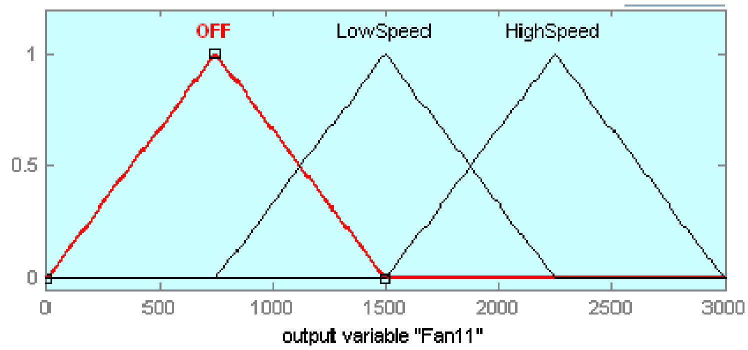
وهو عبارة عن نظام فرعي يتحكم بإدارة وتشغيل وإطفاء مراوح برج التبريد الأول CT1F (الأشكال ٣-٢٣ و ٣-٢٤ و ٣-٢٥).



الشكل(٣-٢٣): النظام الفرعي للتحكم بمجموعة مراوح برج التبريد الأول.



الشكل(٣-٢٤): توابع الانتماء لمدخلي متحكم المنطق العائم بنظامCT1F .



الشكل(٣-٢٥): توابع الانتماء لمخارج متحكم المنطق العائم بنظام CT1F (Fan11=Fan12=Fan13) .

وتحكم سلوك متحكم المنطق العائم القواعد التالية:

1-If (CT1F is ON) and (TempC1SR is Low) then (Fan11 is OFF) and (Fan12 is OFF) and (Fan13 is OFF)
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /

2-If (CT1F is ON) and (TempC1SR is High) then (Fan11 is Low Speed) and (Fan12 is OFF) and (Fan13 is OFF)
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /

3-If (CT1F is ON) and (TempC1SR is High) then (Fan11 is High Speed) and (Fan12 is OFF) and (Fan13 is OFF).
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /

4-If (CT1F is ON) and (TempC1SR is High) then (Fan12 is Low Speed) and (Fan13 is OFF).
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /

5-If (CT1F is ON) and (TempC1SR is High) then (Fan12 is High Speed) and (Fan13 is OFF).
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /

6-If (CT1F is ON) and (TempC1SR is High) then (Fan13 is Low Speed).
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /

7-If (CT1F is ON) and (TempC1SR is High) then (Fan13 is High Speed).
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /

8-If (CT1F is ON) and (TempC1SR is Low) then (Fan11 is Low Speed).
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /

9-If (CT1F is ON) and (TempC1SR is Low) then (Fan11 is OFF).

TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /
10-If (CT1F is ON) and (TempC1SR is Low) then (Fan12 is Low Speed).
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /
11-If (CT1F is ON) and (TempC1SR is Low) then (Fan12 is OFF).
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /
12-If (CT1F is ON) and (TempC1SR is Low) then (Fan13 is Low Speed).
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /
13-If (CT1F is ON) and (TempC1SR is Low) then (Fan13 is OFF).
TimeDelay 3 minutes: / يحدد من قبل المشغل /

14-If (CT1F is OFF) then (Fan11 is OFF) and (Fan12 is OFF) and (Fan13 is OFF)

حيث أن:

CT1F: مجموعة مراوح برج التبريد (إطفاء، تشغيل).

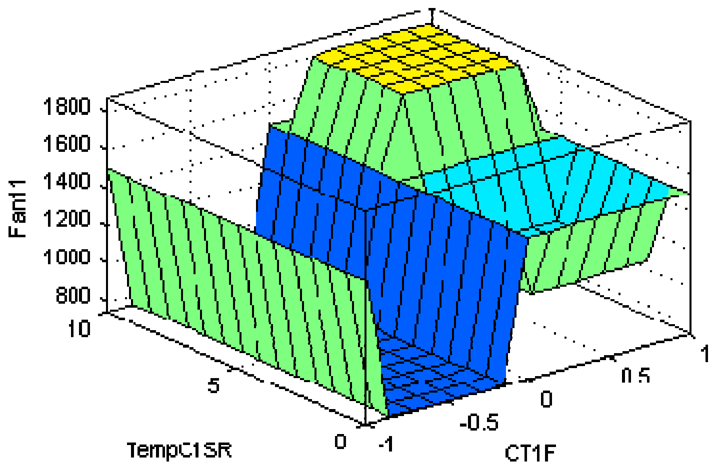
TempC1SR : درجة حرارة المكثف الأول(منخفضة، طبيعية، عالية).

Fan11: المروحة الأولى في برج التبريد الأول (إطفاء، سرعة منخفضة، سرعة عالية).

Fan12: المروحة الثانية في برج التبريد الأول (إطفاء، سرعة منخفضة، سرعة عالية).

Fan13: المروحة الثالثة في برج التبريد الأول (إطفاء، سرعة منخفضة، سرعة عالية).

يبين الشكل (٣-٢٦) سطح قواعد متحكم المنطق العائم لنظام CT1F:



الشكل(٣-٢٦): سطح قواعد متحكم المنطق العائمFan11(CT1F,TempC1SR).

<u>ملاحظة:</u> يتم التحكم ببرج التبريد الثاني بشروط مماثلة لبرج التبريد الأول.

يمكن تطبيق أربع متحكمات دقيقة (Microcontrollers) مقلدة بمعالجتها للعمليات لمعالجة المتحكم المنطقي العائم وهي شرائح من نوع ATmega16 حيث يمكن برمجتها بلغة الـ Mico C وتركيب محول (Inverter) لكل مضخة من مضخات الماء ولكل مروحة من مراوح برج التبريد من أجل التحكم بسرعة المضخات والمراوح.

يتضمن برنامج التحكم مجموعة من المعطيات والقواعد لدى المبرمج، والتي تحول إلى مجموعة من التعليمات تُكتب وفقاً لقواعد وخوارزميات وتسلسل تحددها لغة البرمجة وأهداف النظام وبيئة العمل. تم بناء البرنامج بلغة الـــ Mico C كما ذكرنا سابقاً وباستخدام قواعد مامداني (Mamadani Rules)

نبين فيما يلي أجزاء من البرنامج الذي يبين قواعد التحكم العائم وعمليات الجمع وفك التعــويم المطبقــة فـــي البرنامج، حيث تعتبر عمليات التعويم من أهم عناصر المتحكم المنطقي العائم، التي يتم فيها مع آلية الاستدلال تحويل القيم العددية إلى قيم عائمة، وتم اختيار طريقة مامداني لأنها الأكثر استخداماً:

مثال: برنامج تشغيل نظام التحكم بتجهيزات تأمين الماء المبرَّد (CHWSBMS).

Mamdani Rules

1-If (CHWSBMS is OFF) then (Pump1 is OFF) and (Pump2 is OFF) and (Pump3 is OFF) and (Chiller is OFF) and (CTF is OFF) and (CBMS is OFF)//
(Pump1_OFF_rule1,Pump2_OFF_rule1,Pump3_OFF_rule1,Chiller_OFF_rule1,CTF_OFF_rule1,CBMS_OFF_rule1)=minf(u_ CHWSBMS_OFF);

2-If (CHWSBMS is ON) then (Pump1 is ON) and (Pump2 is ON) and (Pump3 is ON) and (Chiller is ON) and (CTF is ON) and (CBMS is ON)//
(Pump1_ ON _rule2,Pump2_ ON _rule2,Pump3_ ON _rule2,Chiller_ ON _rule2,CTF_ ON _rule2,CBMS_ ON _rule2)=minf(u_ CHWSBMS_ ON);

3-If (CHWSBMS is Manual) then (CBMS is Manual)//
(CBMS_ Manual _rule3)=minf(u_ CHWSBMS_ Manual);

أو بتجميع القواعد باستخدام max.

تتم عمليات فك التعويم باستخدام طريقة مركز الثقل باعتماد المعادلة الرياضية فـــي حســـاب خـــرج المـــتحكم المنطقي العائم:

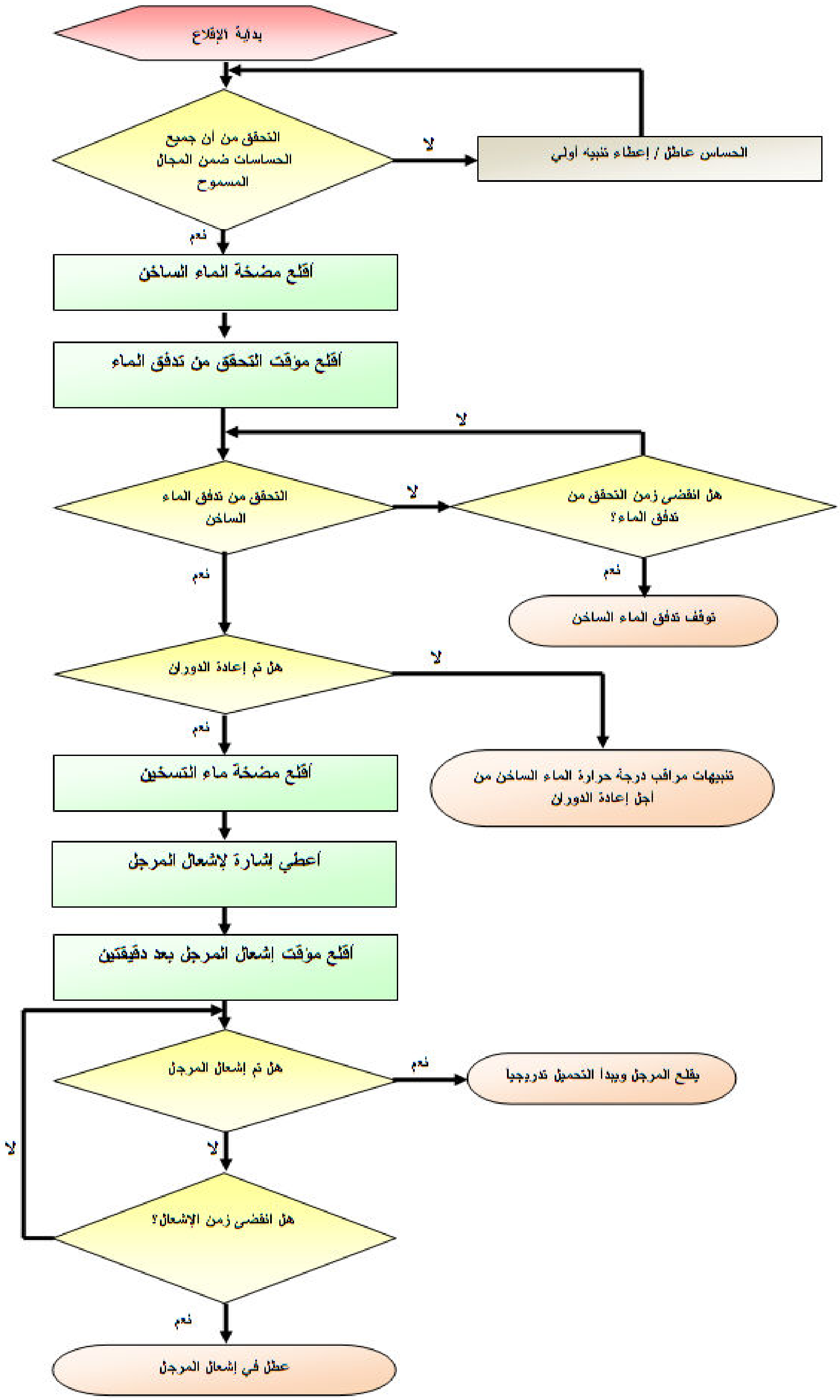
$$\text{Active Area}=W(h-(h^2/2))$$

مثال: القاعدة الثالثة السابقة:

CBMS_Manual_area=
Active_area_f(CBMS_Manual_min, CBMS_Manual_max, CBMS_Manual_rule);

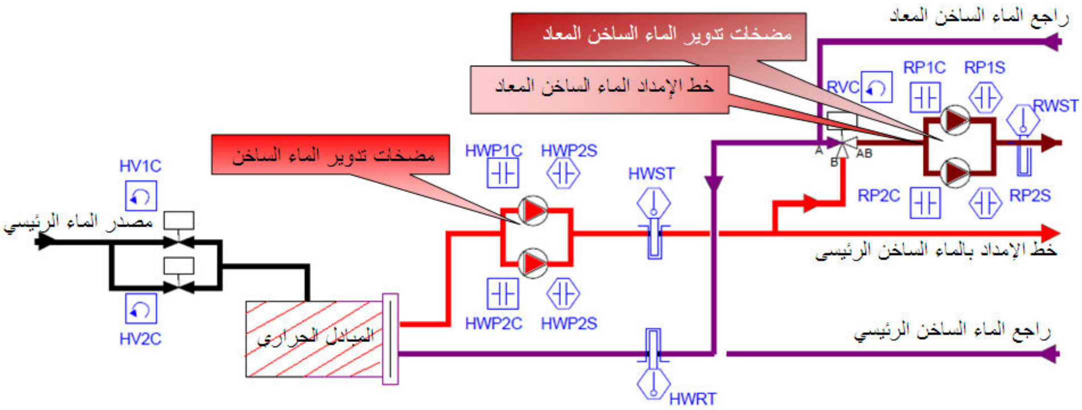
٣-٥ نظام التحكم بمنظومة تأمين ماء التدفئة Supply Hot Water System (SHW):

- **يبين الشكل (٣-٢٧) المخطط النهجي للتحكم بمنظومة تأمين ماء التدفئة.**



الشكل (٣-٢٧): المخطط النهجي للتحكم بمنظومة تأمين ماء التدفئة.

- **المخطط الهندسي لنظام التزود بماء التدفئة(الشكل ٣-٢٨):**



الشكل(٣-٢٨): المخطط العام لنظام التدفئة.

- **جدول بارامترات نظام BMS للتحكم وإدارة نظام التزود بماء التدفئة:**

انظر الملحق(٣) – الجدول(٣-٣).

- **النظام في وضع إطفاء (OFF) :**

عندما يكون النظام في وضع OFF:

١- مضخات تدوير ماء التدفئة في حالة OFF.

٢- صمامات البخار مغلقة.

٣- صمام الخلط الثلاثي المركب على نظام ماء التدفئة الثانوي مغلقاً تماماً لمنع التغذية بماء التدفئة.

٤- حلقات التحكم غير مفعَّلة.

- **جدول التشغيل لهذا النظام في حالة المشغولية:**

١- يقلع أو يتوقف النظام بواسطة BMS طبقاً للجدول الزمني للتشغيل أو بعد ساعات من طلب التحكم بدرجة حرارة الموقع.

٢- بالإضافة إلى ذلك أن النظام يصبح في حالة عمل إذا أي مروحة تغذية في وحدات المعالجة أو مضخات ماء التدفئة للاستحمام في حالة عمل.

٣- يغلق النظام إذا كانت جميع وحدات معالجة الهواء والمضخات في حالة OFF، ودرجة حرارة الهواء الخارجي أعلى من $21C^{o}$.

- **إقلاع النظام:**

عند إقلاع النظام:

١- يقلع الـــ BMS مضخة ماء التدفئة (التي في الخدمة). ـــ يحدد BMS مضخة الخدمة ومضخة الاحتياط استناداً إلى مجموع زمن التشغيل الكلي في كل مرة من إقلاع النظام، فالمضخة ذات الزمن

الأقل توضع في الخدمة وذات الزمن الأطول توضع كاحتياط ــ، وإذا لم تقلع مضخة الخدمة أو لم تفعَّل يقلع BMS المضخة الاحتياطية التي تليها بأقل زمن تشغيل وهكذا.

٢- بعد التثبت من عمل مضخة ماء التدفئة، وبعد زمن تأخير دقيقة واحدة، يتم تفعيل حلقات التحكم.

- **تشغيل النظام:**

٣- ينظم BMS مقدار فتح صمامات البخار على 1/3 - 2/3 على التسلسل للإبقاء على درجة الحرارة المرجعية للتغذية بماء التدفئة.

٤- ينظم BMS عمل صمام الخلط الثلاثي وذلك للإبقاء على درجة الحرارة المرجعية للتغذية بماء التدفئة المشعة أو المعاد تسخينها، والتي تأخذ بالاعتبار درجة الحرارة الخارجية:

درجة حرارة الهواء الخارجي	درجة الحرارة المرجعية للتغذية بماء التدفئة
-10 C^O	93 C^O
15 C^O	60 C^O

تزود BMS بنقطة برمجية لإعادة ضبط القيمة المرجعية، وكذلك يزود المشغل بوسائل لضبط القيمة المرجعية $10C^O$ -/+ ، وإذا كانت درجة حرارة ماء التدفئة $98C^O$ أو أعلى فإن صمامات البخار تغلق ويتولد عن ذلك إنذار [13, 22].

- **إغلاق النظام:**

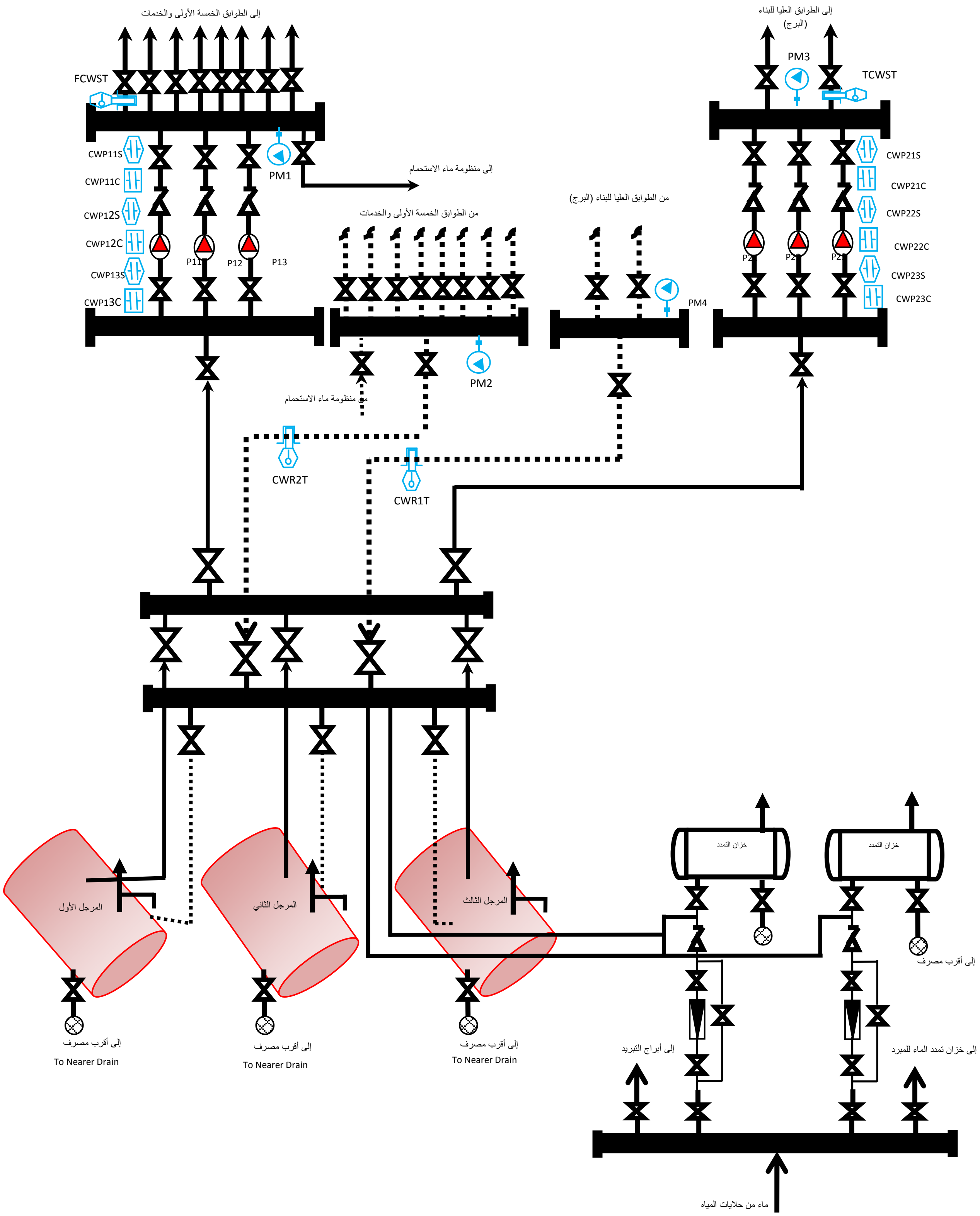
١- يُغلق النظام آلياً من قبل BMS طبقاً لجداول التشغيل، و/أو طبقاً لجداول تشغيل وحدات معالجة الهواء عند عملها بنمط التدفئة، أو من قبل المشغل اليدوي، أو عن طريق المكونات الصلبة المترابطة معه.

٢- عند إغلاق النظام يعيد BMS النظام إلى الوضع OFF (كما في فقرة توقف النظام).

- **ترابطات المكونات الصلبة لنظام BMS:**

لا توجد أية قيود على إدخال ترابطات في المكونات الصلبة مع المحافظة على مبدأ العمل.

- **المخطط الهندسي لنظام ماء التدفئة في المجمع البلدي:** (الشكل ٣-٢٩):



الشكل(٣-٢٩): المخطط التفصيلي لنظام تأمين ماء التدفئة في المجمع البلدي.

- **التطبيق العملي:**

تم التطبيق باستخدام متحكمات FX15 (جونسون للتحكم) وباعتماد البرمجة FX-AppMaker وبرتوكول BACnet للاتصالات، ثم تم رسم المخطط على واجهة حاسوبية باستخدام برنامج الرسم Micrografx Windows Draw وإظهار البارامترات الأساسية على المخطط (الشكل ٣-٣٠):

١) القيمة المرجعية لدرجة الحرارة Temperature Setpoint (قابلة للتغيير).
٢) مجال تغيير درجة الحرارة المرجعية $(35.0 – 85.0)C^O$
٣) التحكم بتشغيل النظام ــ آلي (Auto System)، يدوي (Manual System)، إطفاء النظام (System Off).
٤) حساس درجة حرارة الماء الراجع (Temperature Sensor for HW Return).
٥) إشارات التحكم لتشغيل المراجل (Boiler Command).
٦) حالة المراجل (Boiler Fault).
٧) حساس درجة حرارة الماء الذاهب من المراجل (Temperature Sensor for HW Supply).
٨) الطوارئ (Emergency).
٩) لوحة التحكم بتشغيل المضخات – تشغيل (On)، إطفاء (Off).
١٠)إشارات التحكم بتشغيل المضخات (Pump Command).
١١)حالة المضخات (Pump Fault).
١٢)المضخات في حالة حمل زائد (Pump OVL).
١٣)التأريخ (History).
١٤)جدول التشغيل (Schedule).
١٥)الإنذارات (Alarms).

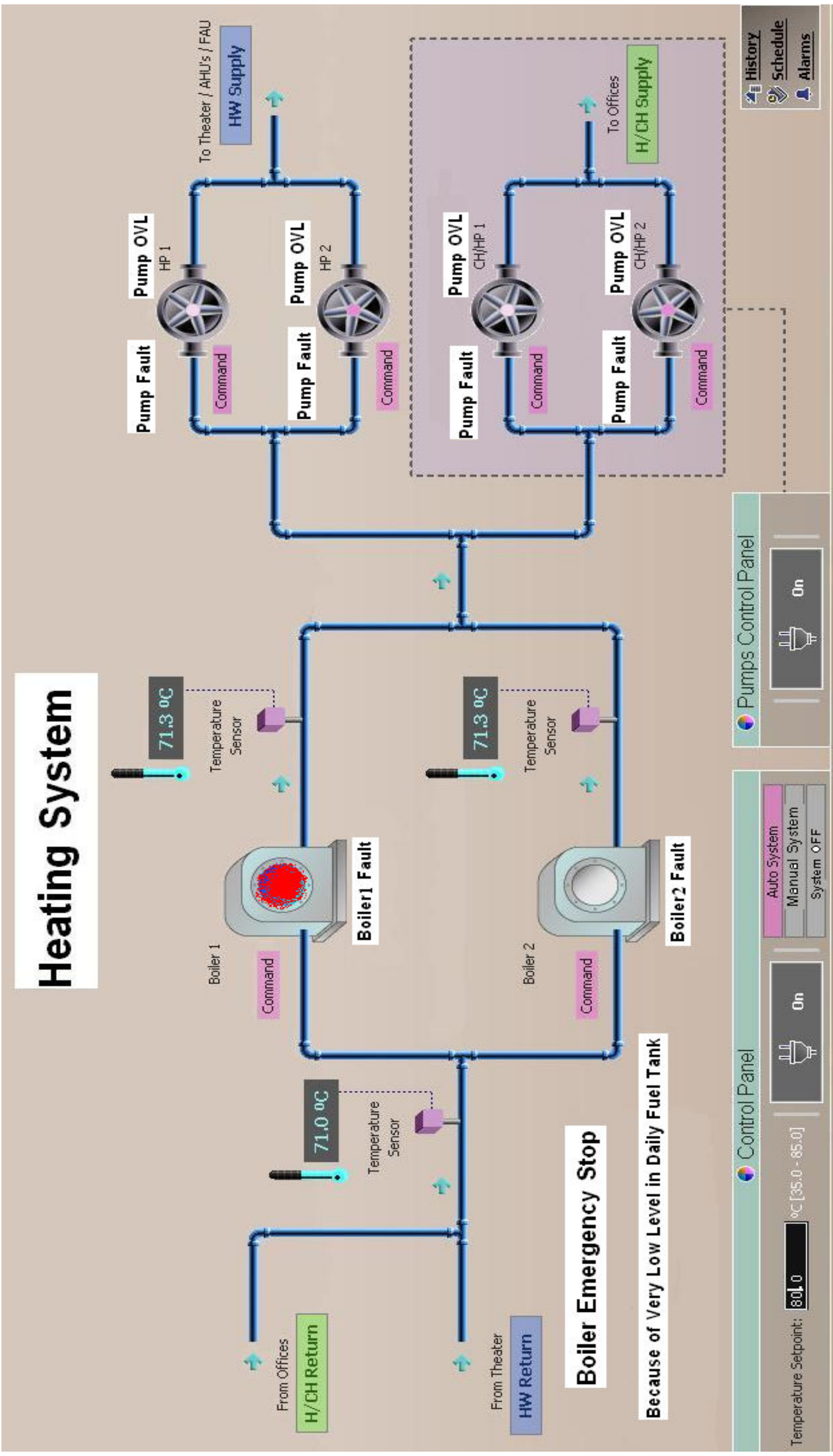
تبين لنا أن في نظام قبل الأتمتة يعمل مرجلان بالطاقة الكاملة باستهلاك وقود 150 ليتر/سا لكل مرجل حتى تصل $(WST-WRT)<5C^O$ علماً أن نقطة الضبط متوضعة على $(WST-WRT)<10C^O$ بعد ذلك تنخفض استطاعة المرجلين معاً إلى النصف حتى تصل $(WST-WRT)>17C^O$ علماً أن نقطة الضبط متوضعة على $(WST-WRT)>10C^O$ ويصل الاستهلاك اليومي إلى حوالي 4250 ليتر.

بعد تطبيق الأتمتة على منظومة التدفئة تبين لنا انخفاض استهلاك الوقود إلى حوالي 3420 ليتر يومياً أي انخفاض بمقدار حوالي 830 ليتر يومياً الشكل (٣-٣١).

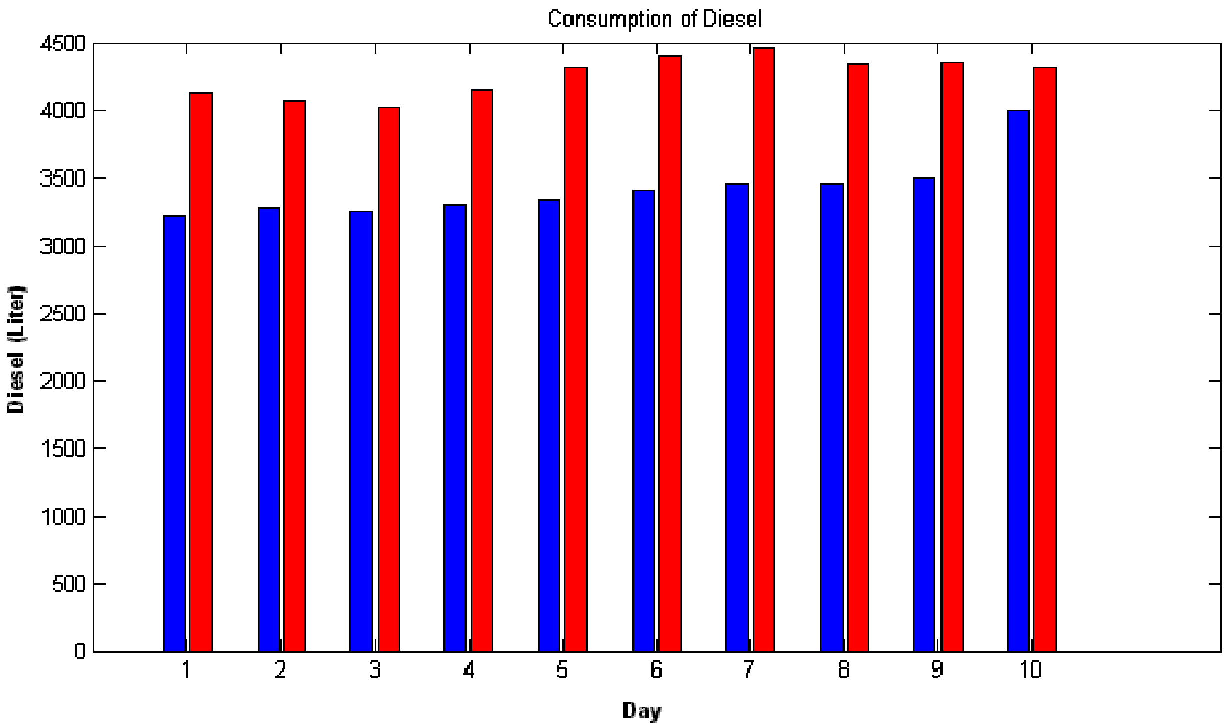
وتبين لنا بالتجربة أن مجموعة من العوامل تشترك في تخفيض استهلاك الوقود وهي: التحكم بعمل المضخات والمراجل وفقاً للتسلسل المطلوب بالإضافة إلى التحكم بالوضع الليلي للتدفئة.

ملاحظات حول التطبيق:

نلاحظ أن منظومة التدفئة متشابهة مع منظومة التبريد عدا المبرِّدات والمراجل لذلك نجد أن الملاحظات متشابهة حول المنظومتين.



الشكل(٣-٣٠): واجهة المشغل لمنظومة التدفئة.



الشكل (٣-٣١): استهلاك المراجل اليومي من مادة الديزل.

- باستخدام دارات تحكم تقليدية (البيانات الأطول باللون الأحمر)
- باستخدام تحكم منطقي عائم (البيانات الأقصر باللون الأزرق)

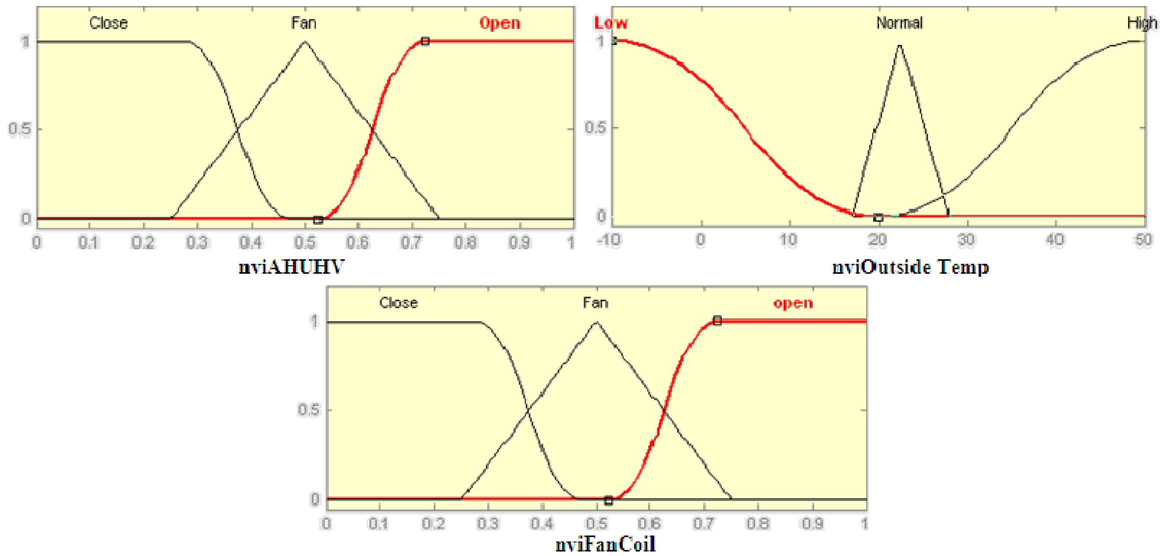
٣-٦ نمذجة التحكم والمراقبة على نظام تأمين ماء التدفئة باستخدام تحكم المنطق العائم:

❖ **نمذجة التحكم بتشغيل نظام BMS لتأمين ماء التدفئة باستخدام متحكم منطقي عائم:**

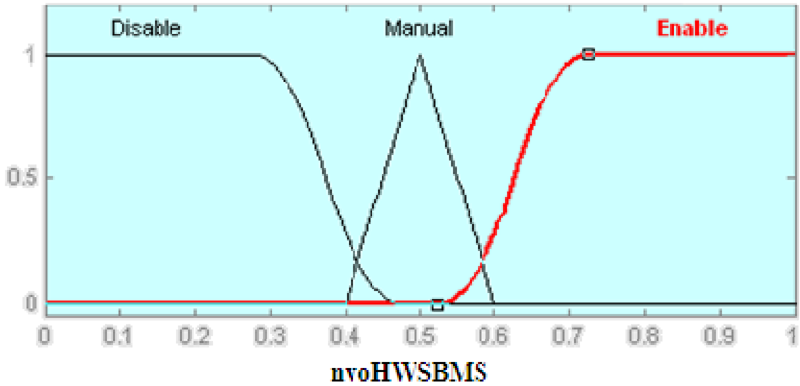
تعمل المجموعة وفق نظام العمل في مراحل أتمتة النظام،(الأشكال ٣-٣٢ و ٣-٣٣ و ٣-٣٤) [19, 23].



الشكل(٣-٣٢): التحكم بتشغيل نظام BMS لتأمين ماء التدفئة (HWSBMS).



الشكل(٣-٣٣): توابع الانتماء لمداخل متحكم المنطق العائم بنظام AHUHWS.

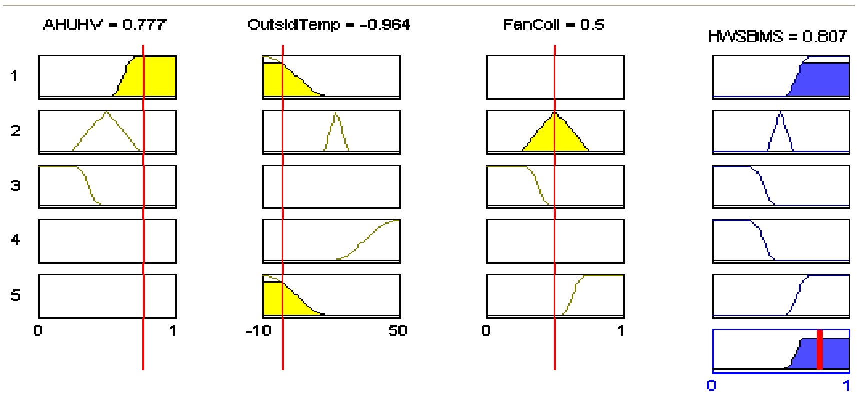


الشكل(٣-٣٤): توابع الانتماء لمخرج متحكم المنطق العائم بنظام AHUHWS.

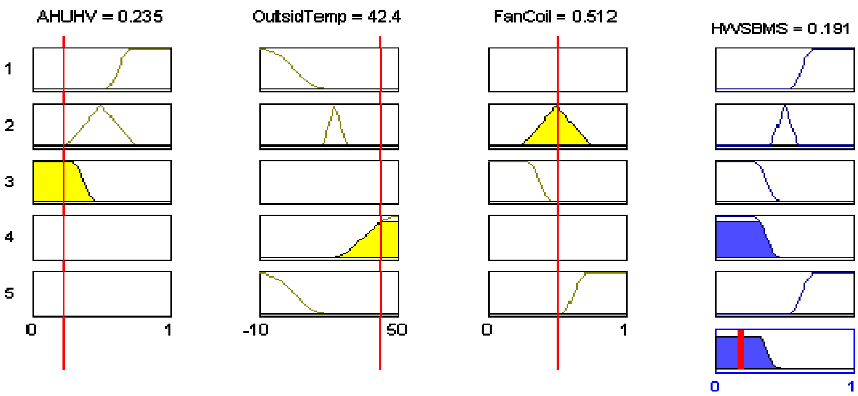
وتحكم علاقة الدخل مع الخرج لنظام الرئيس AHUHWS القواعد التالية:

1. If(AHUHV is Open)and(OutsidTemp is Low)then (HWSBMS is Enable).
2. If(AHUHV is Fan)and(OutsidTemp is Normal)and (FanCoil is Fan)then (HWSBMS is Manual).
3. If(AHUHV is Close)and(FanCoil is Close)then (HWSBMS is Disable).
4. If (OutsidTemp is High)then (HWSBMS is Disable).
5. If (OutsidTemp is Low) and (FanCoil is Open) then (HWSBMS is Enable).

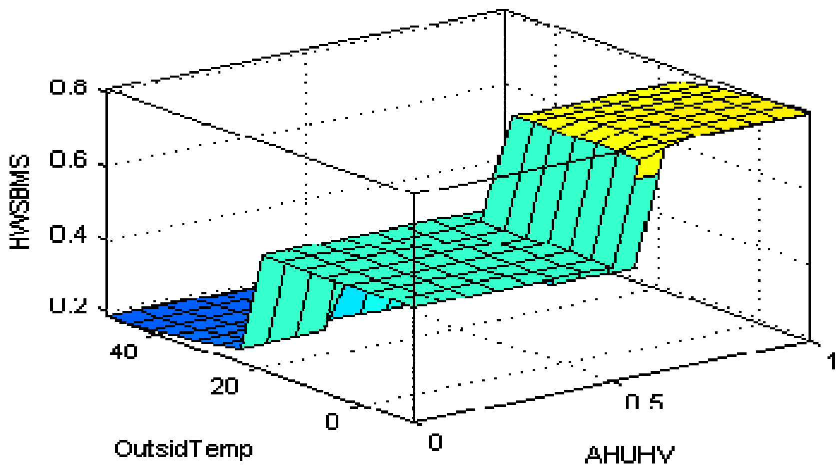
– يمكن إظهار استجابة نظام المراقبة والتحكم AHUWS لإشارات دخل النظام عند عدة حالات من تسلسل تشغيل النظام (الشكل ٣-٣٥):



حالة التشغيل الآلي



حالة التوقف



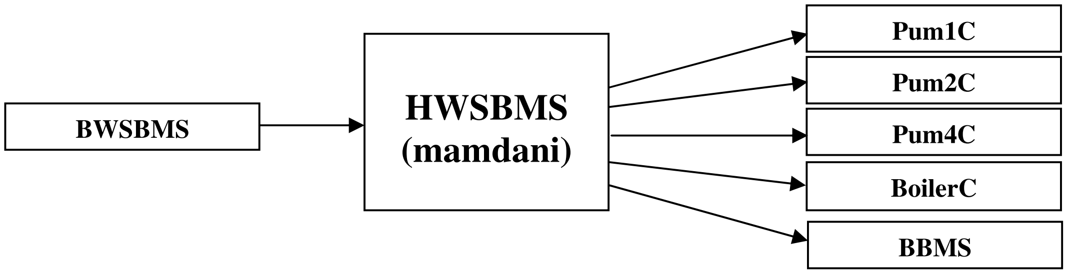
سطح قواعد التحكم HWSBMS(OutsidTemp, AHUHV)

الشكل(٣-٣٥): سلوك نظام AHUHWS عند مراحل مختلفة للتشغيل.

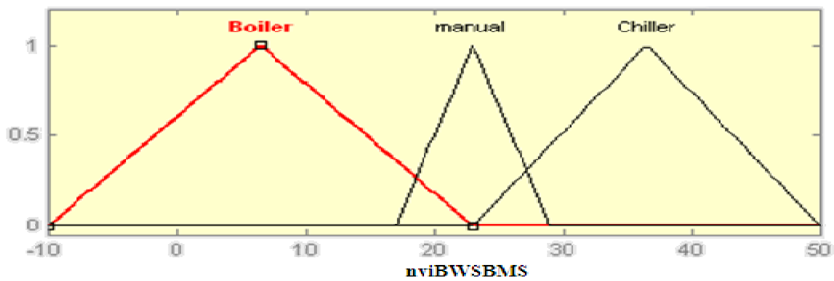
❖ **نمذجة التحكم بتشغيل وإطفاء مجموعات المضخات، المراحل، باستخدام متحكم منطقي عائم.**

تعمل المجموعة وفق نظام العمل في مراحل أتمتة النظام، فعند تشغيل نظام التحكم بتجهيزات تأمين ماء التدفئة السابقة HWSBMS يرسل إشارات تحكم لتشغيل مضخات ماء التدفئة الذاهب إلى الطوابق الخمســة الأولــى

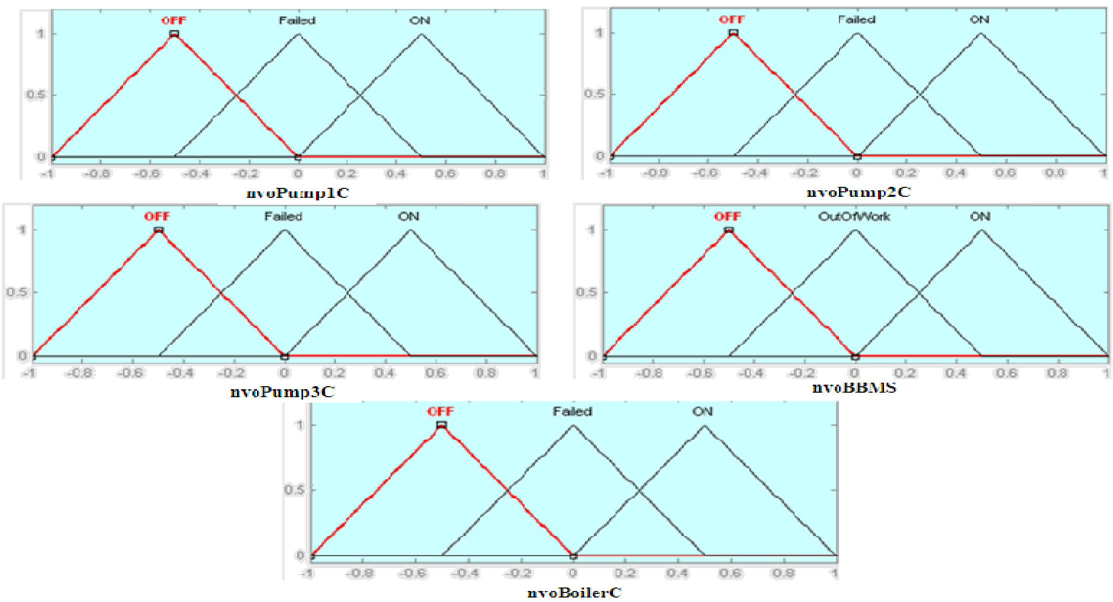
والخدمات Pump1 ، ومضخات ماء التدفئة الذاهب إلى الطوابق العليا Pump2، ومضخات المـــاء الســـاخن الذاهب إلى الاستعمالات الداخلية Pump4، والمراجل Boilers، بالإضافة إلى تجهيزات نظام إدارة الـــتحكم بالبناء (BBMSC) (الأشكال ٣-٣٦ و ٣-٣٧ و ٣-٣٨) [19, 22].



الشكل(٣-٣٦): التحكم بتشغيل التجهيزات الرئيسة لـــ HWSBMS.



الشكل(٣-٣٧): توابع الانتماء لمدخل متحكم المنطق العائم بنظام HWSBMS.



الشكل(٣-٣٨): توابع الانتماء لمخارج متحكم المنطق العائم بنظام HWSBMS.

-وتحكم علاقة الدخل مع الخرج لنظام HWSBMS القواعد التالية:

1. If (BWSBMS is Boiler)then(Pump1C is ON)and(Pump2C is ON)and(Pump4C is ON)and(BoilerC is ON)and(BBMS is ON).

2. If (BWSBMS is Manual)then(Pump1C is OFF)and(Pump2C is OFF)and (Pump4C is OFF)and(BoilerC is OFF)and(BBMS is OFF).

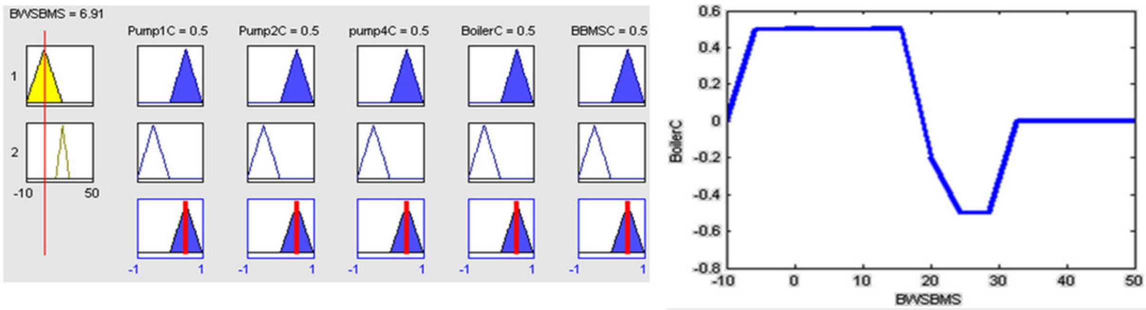
حيث أن:

BWSBMS: نظام التحكم والمراقبة العام(مرجل، تشغيل يدوي، مبرِّد).

Pump4C: التحكم بتشغيل مجموعة مضخات الماء الساخن(إطفاء، تشغيل).

BBMS: نظام التحكم بمجموعة المراجل(إطفاء، تشغيل).

- يمكن إظهار استجابة العناصر التنفيذية لأوامر دخل النظام عند عدة حالات من تسلسل تشغيل نظام HWSBMS ، (الشكل ٣-٣٩):



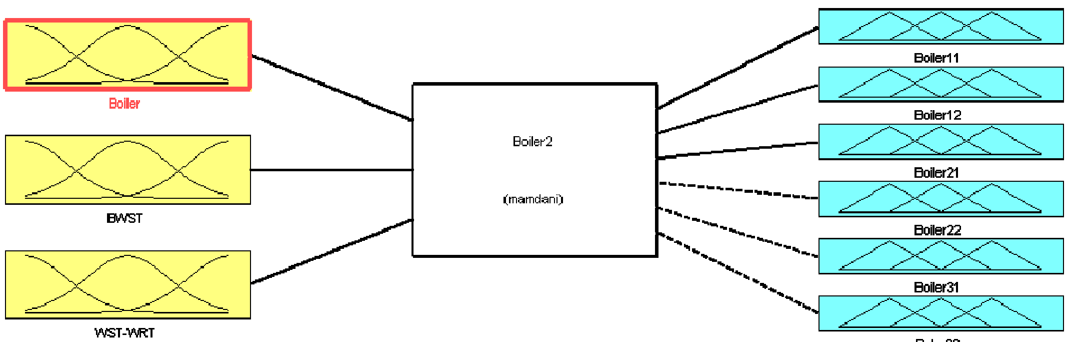
الشكل(٣-٣٩): حالة التشغيل ومنحني تشغيل المرجل BoilerC(BWSBMS).

❖ **نمذجة التحكم بمجموعة المضخات PUMP1 باستخدام متحكم منطقي عائم:**

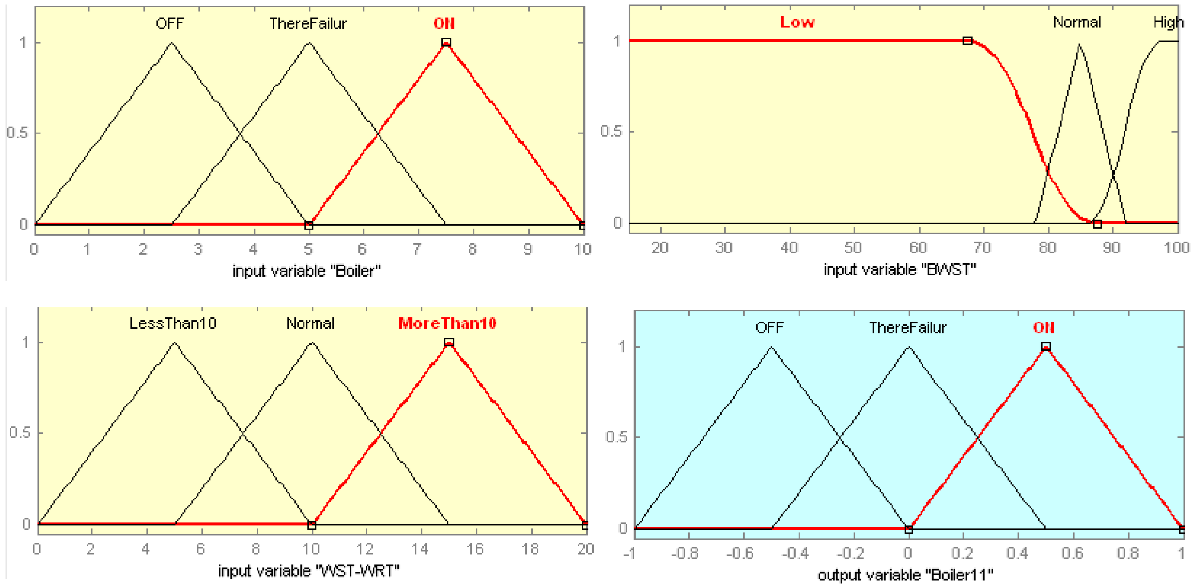
وهو عبارة عن نظام فرعي يتحكم بإدارة وتشغيل وإطفاء المضخات ضمن المجموعة نفسها بشروط مماثلة لمراحل أتمتة النظام، وهو مماثل لعمل المضخات في نظام التبريد الذي سبق تصميمه ووصفه.

❖ **نمذجة التحكم بمجموعة المراجل باستخدام متحكم منطقي عائم:**

وهو عبارة عن نظام فرعي يتحكم بإدارة وتشغيل وإطفاء المراجل بشروط مماثلة لمراحل أتمتة النظام، (الأشكال٣-٤٠ و ٣-٤١).



الشكل(٣-٤٠): التحكم بتشغيل مجموعة المراجل Boiler .



الشكل(٣-٤١): توابع الانتماء لمداخل ومخارج متحكم المنطق العائم بنظام Boiler.

- يبدأ تشغيل نظام مجموعة المراجل Boiler وفقاً لقواعد المنطق العائم الموضوعة لهذا الغرض التالية:

1. If (BWST is LOW) and(WST-WRT is More Than10)then(Boiler11is ON).
   Time delay 10 minutes: يحدد من قبل المشغل
2. If (BWST is LOW) and(WST-WRT is More Than10)then(Boiler12is ON).
   Time delay 10 minutes: يحدد من قبل المشغل
3. If (BWST is LOW) and(WST-WRT is More Than10)then(Boiler21is ON).
   Time delay 10 minutes: يحدد من قبل المشغل
4. If (BWST is LOW) and(WST-WRT is More Than10)then(Boiler22is ON).
   Time delay 10 minutes: يحدد من قبل المشغل
5. If (BWST is LOW) and(WST-WRT is More Than10)then(Boiler31is ON).
   Time delay 10 minutes: يحدد من قبل المشغل
6. If (BWST is LOW) and(WST-WRT is More Than10)then(Boiler32is ON).
   Time delay 10 minutes: يحدد من قبل المشغل
7. If (BWST is LOW) and(WST-WRT is More Than10)then(Boiler11is ON).
   Time delay 10 minutes: يحدد من قبل المشغل
8. If (BWST is LOW) and(WST-WRT is More Than10)then(Boiler12is ON).
   Time delay 10 minutes: يحدد من قبل المشغل
9. If (BWST is LOW) and(WST-WRT is More Than10)then(Boiler21is ON).
   Time delay 10 minutes: يحدد من قبل المشغل
10. If (BWST is LOW) and(WST-WRT is More Than10)then(Boiler22is ON).
    Time delay 10 minutes: يحدد من قبل المشغل
11. If (BWST is LOW) and(WST-WRT is More Than10)then(Boiler31is ON).
    Time delay 10 minutes: يحدد من قبل المشغل
12. If (BWST is LOW) and(WST-WRT is More Than10)then(Boiler32is ON).
    Time delay 10 minutes: يحدد من قبل المشغل

13. If (Boiler is OFF) then (Boiler11 is OFF)and(Boiler12 is OFF)and(Boiler21 is OFF)and(Boiler22 is OFF)and(Boiler31 is OFF)and(Boiler32 is OFF)and.

حيث أن:

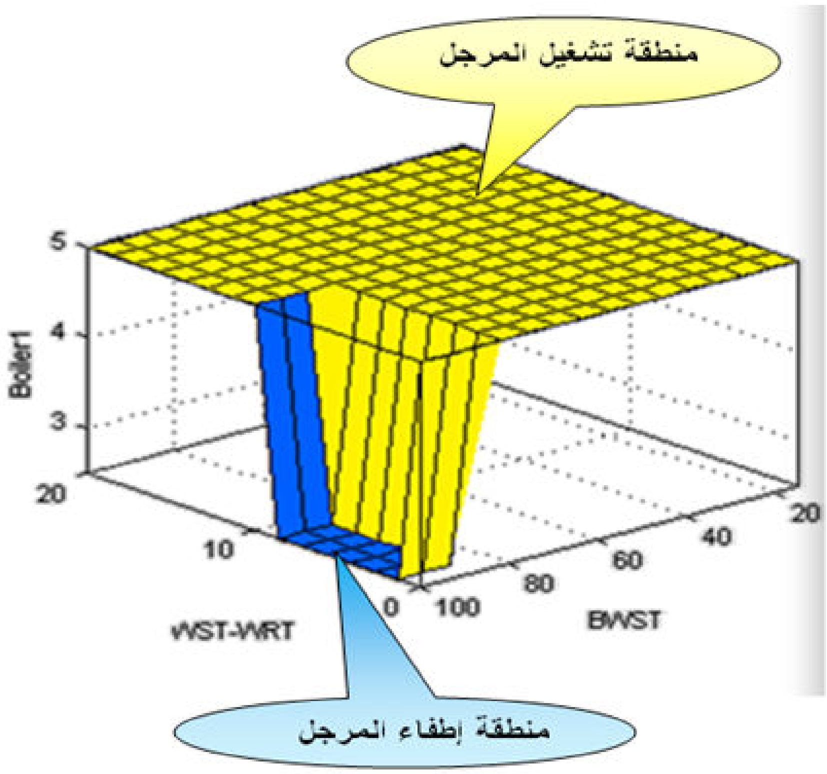
Boiler: حالة منظومة التحكم بالمراجل (إطفاء، معطلة، تشغيل).

BWST: درجة حرارة ماء التغذية الخارج من المرجل (منخفضة، طبيعية، عالية).

WST-WRT: الفرق بين درجة حرارة الماء الذاهب من المرجل والراجع إليه (أقل من $10C^{O}$، طبيعية، أكثر من $10C^{O}$).

Boiler nm: حالة المرجل (إطفاء، معطل، تشغيل). حيث أن: n: رقم المرجل. m: رقم المرحلة.

يبين الشكل(٣-٤٢) سطوح قواعد التحكم بالمراجل Boiler nm[Boiler, BWST,WST-WRT].

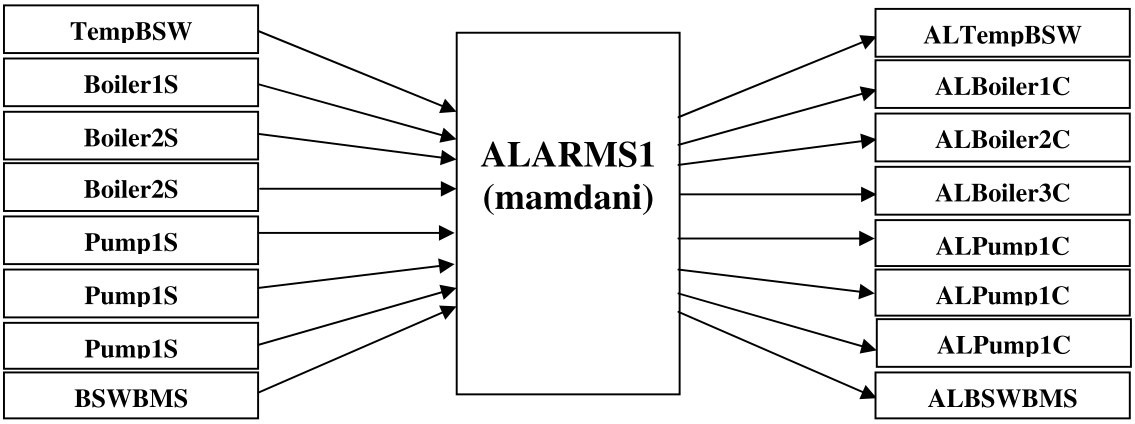


الشكل(٣-٤٢): سطوح قواعد التحكم بالمراجل Boiler nm[Boiler, BWST,WST-WRT].

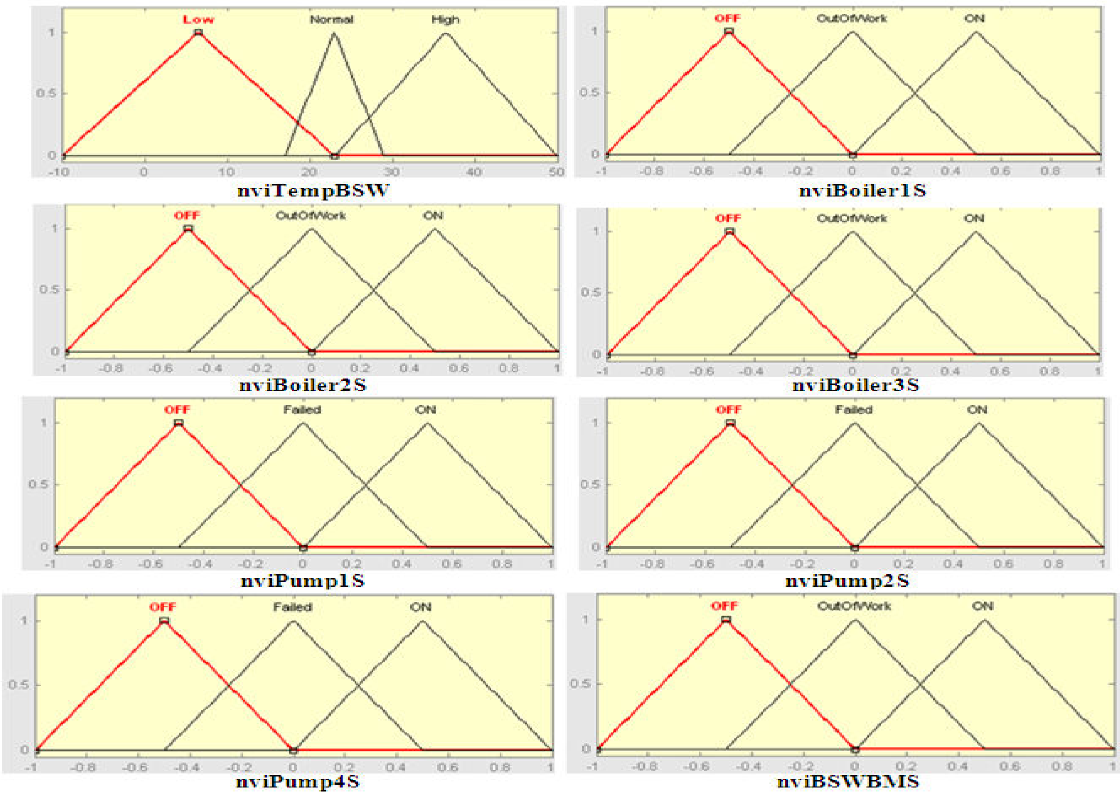
نلاحظ من شكل سطوح قواعد التحكم أن التحكم بتشغيل المرجل يتم بعدة مستويات تبعاً لوضعية المرجل وفرق درجة الحرارة بين درجة حرارة ماء التغذية و درجة حرارة الماء الراجع.

❖ **الإنذارات:**

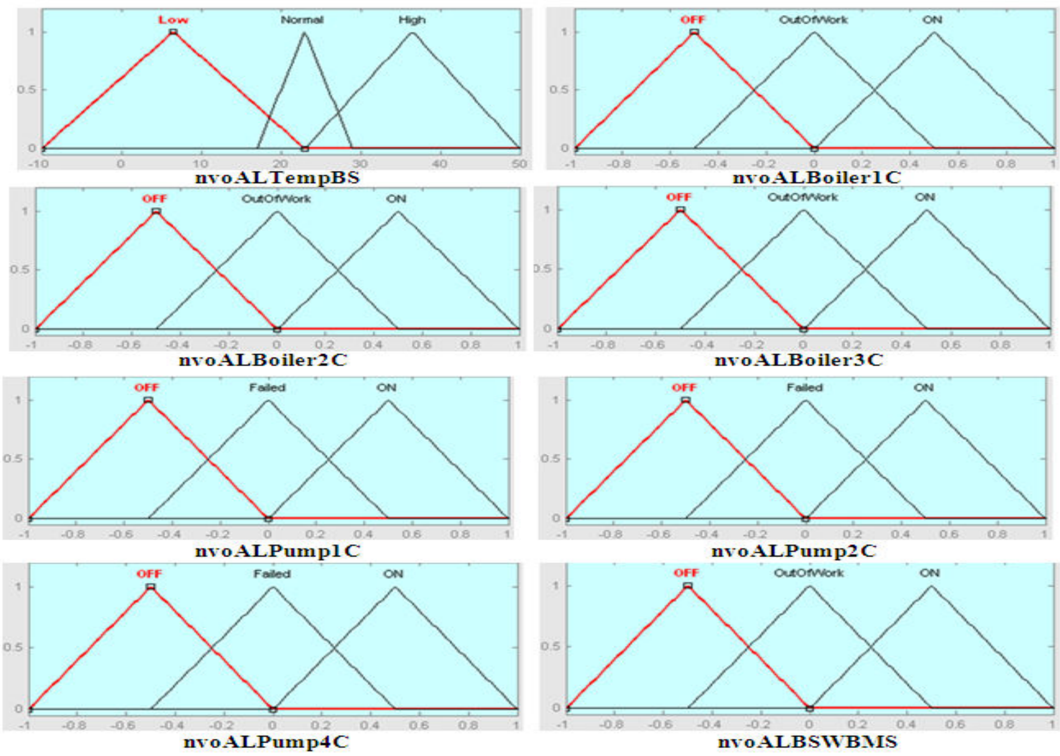
الهدف منها مراقبة الحالات الطارئة التي تحدث أثناء عمل المنظومة، والتنبيه إلى حدوث عطل في أحد الأجهزة، وأهم هذه الإنذارات تتعلق بدرجات الحرارة وعمل المراجل وعمل المضخات، (الأشكال٣-٤٣ و ٣-٤٤ و ٣-٤٥).



الشكل(٣-٤٣): التحكم بتشغيل منظومة الإنذارات ALARMS1.



الشكل(٣-٤٤): توابع الانتماء لمداخل متحكم المنطق العائم بتشغيل منظومة الإنذارات ALARMS.



الشكل(٣-٤٥): توابع الانتماء لمخارج متحكم المنطق العائم بتشغيل منظومة الإنذارات ALARMS.

حيث أن:

TempBSW: درجة حرارة الماء الذاهب من المرجل (منخفضة، طبيعية،عالية).

Boiler1S: حالة المرجل الأول (إطفاء، خارج العمل، تشغيل).

Boiler2S: حالة المرجل الثاني (إطفاء، خارج العمل، تشغيل).

Boiler3S: حالة المرجل الثالث (إطفاء، خارج العمل، تشغيل).

Pump1S: حالة مجموعة الضخ الأولى (إطفاء، عطل، تشغيل).

Pump2S: حالة مجموعة الضخ الثانية (إطفاء، عطل، تشغيل).

Pump4S: حالة المضخة الرابعة (إطفاء، عطل، تشغيل).

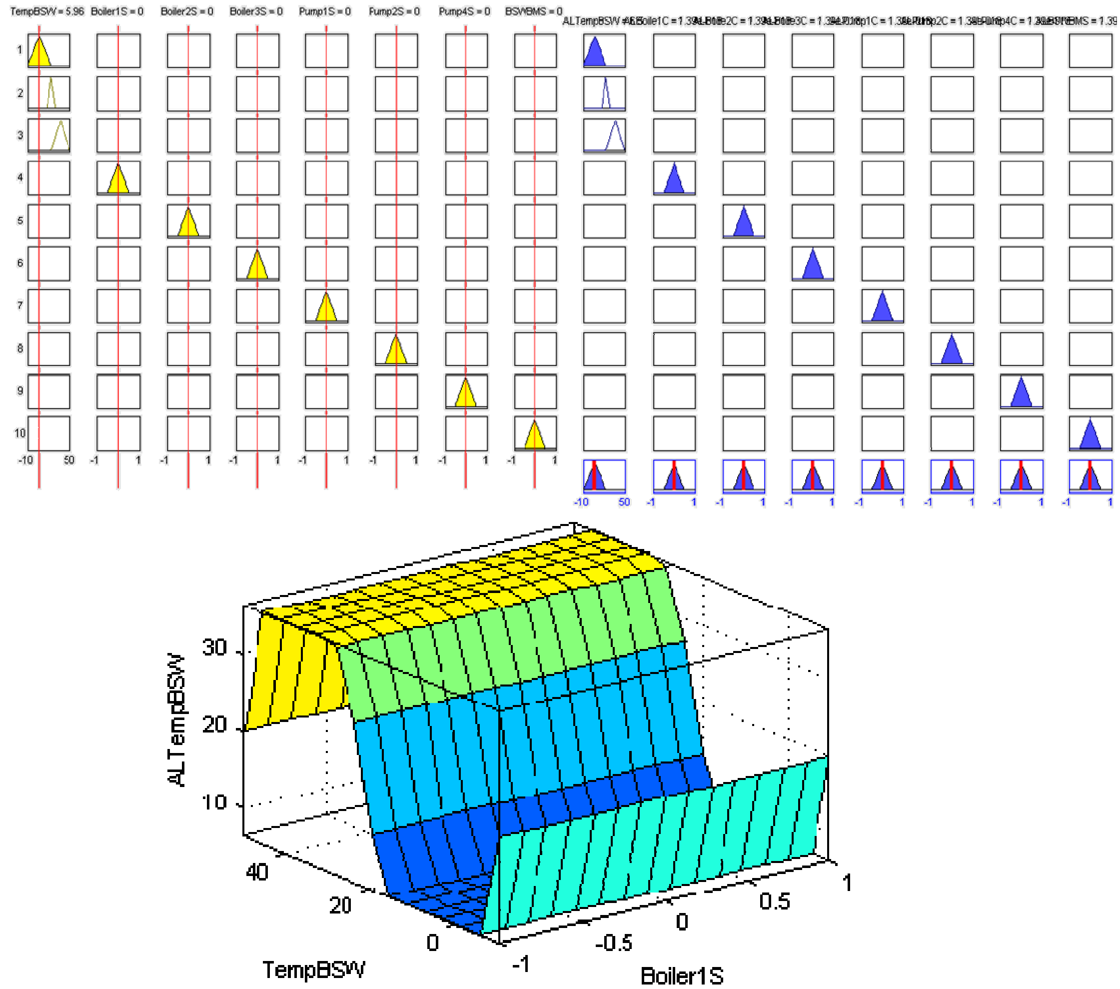
BSWBMS: حالة نظام التحكم والمراقبة بمنظومة ماء التدفئة (إطفاء، خارج العمل، تشغيل).

- يبدأ تشغيل نظام الإنذار وفقاً لقواعد المنطق العائم الموضوعة لهذا الغرض التالية:

1. If(TempBSW is Low)then(ALTempBSW is Low).
2. If(TempBSW is Normal)then(ALTempBSW is Normal).
3. If(TempBSW is High)then(ALTempBSW is High).
4. If(Boiler1S is OutOfWork)then(ALBoiler1C is OutOfWork).
5. If(Boiler2S is OutOfWork)then(ALBoiler2C is OutOfWork).
6. If(Boiler3S is OutOfWork)then(ALBoiler3C is OutOfWork).
7. If(Pump1S is Failed)then(ALPump1C is Failed).
8. If(Pump2S is Failed)then(ALPump2C is Failed).

9. If(Pump4S is Failed)then(ALPump4C is Failed).
10. If(BSWBMS is OutOfWork)then(ALBSWBMS is OutOfWork).

- يمكن إظهار استجابة العناصر التنفيذية لإشارات دخل النظام عند عدة حالات من عمل منظومة الإنذار ALARM (الشكل ٣-٤٦):



الشكل(٣-٤٦): قواعد وسطح قواعد متحكم المنطق العائم لنظام الإنذارات ALTempBSW(TempBSW) ، ALBoiler1C(Boiler1S).

٣-٧ نظام ماء الاستخدام الساخن Domestic Hot Water System:

- **المخطط الهندسي لنظام ماء الاستخدام الساخن**(الشكل ٣-٤٧):



الشكل(٣-٤٧): المخطط العام لدارة ماء الاستخدام الساخن.

- **جدول بارامترات التحكم بنظام ماء الاستخدام الساخن:**

انظر الملحق(٣) – الجدول(٣-٤).

- **النظام في وضع إطفاء (OFF):**

عندما يكون النظام في وضع OFF:

١- مضخات تدوير الماء في حالة OFF.

٢- حلقات التحكم غير مفعَّلة.

- **جداول التشغيل لهذا النظام في حالة المشغولية:**

يتم تفعيل النظام قبل 30 دقيقة من دور المشغولية، ويلغى التفعيل بعد انتهاء دور المشغولية.

- **إقلاع النظام:**

عند إقلاع النظام:

يقلع أو يوقف BMS مضخة تدوير الماء، وذلك للإبقاء على درجة حرارة الماء عند القيمة المرجعية.

- **تشغيل النظام:**

١- يتم التحكم بمسخن الماء عن طريق متحكمات مستقلة، وتبقى عملية التحكم عاملة 24 ساعة باليوم (أي بدون توقف).

٢- يفعَّل التشغيل بالبداية عن طريق BMS، ثم تقوم مضخة التدوير بالعمل والتوقف دورياً للإبقاء على درجة حرارة الماء الساخن الراجع عند درجة الحرارة المرجعية، فإذا كانت درجة حرارة الماء الراجع أخفض من الدرجة المرجعية فإن المضخة تقلع حتى تتساوى درجات حرارة الماء الراجع مع الدرجة المرجعية، وتتوقف المضخة عن العمل عندما تصبح درجة حرارة الماء الراجع أعلى من الدرجة المرجعية، طبعاً توجد فترة زمنية ميتة بين الإقلاع والتوقف.

- **إغلاق النظام:**

١- يغلق النظام آلياً من قبل BMS طبقاً لجداول التشغيل، أو من قبل المشغل اليدوي، أو عن طريق المكونات الصلبة المترابطة معه.

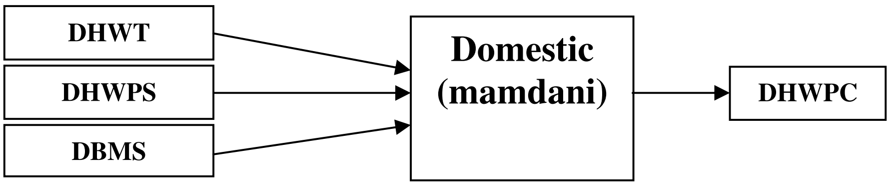
٢- عند إغلاق النظام يعيد BMS النظام إلى الوضع OFF (كما في فترة توقف النظام).

- **ترابطات المكونات الصلبة لنظام BMS:**

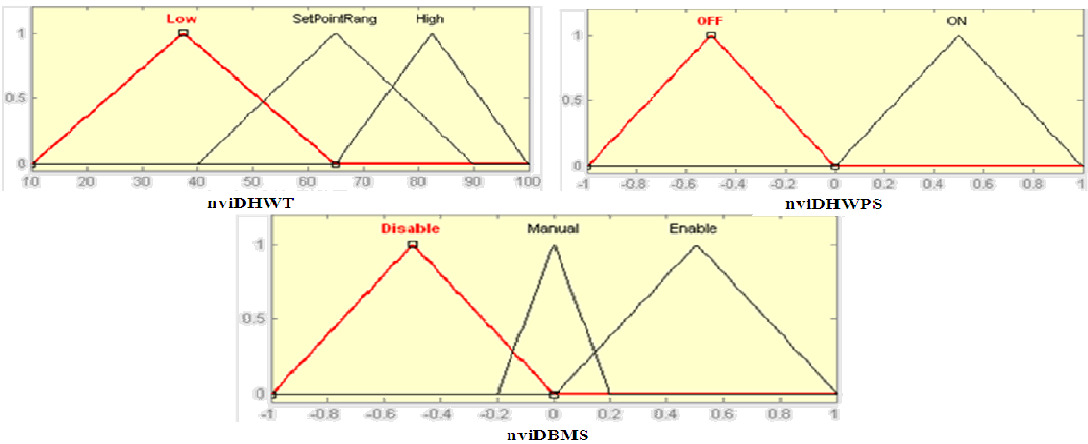
لا يوجد ترابطات للمكونات الصلبة.

- **نمذجة التحكم والمراقبة BAMS على نظام ماء الاستخدام الساخن (Domestic Hot Water System) باستخدام متحكم المنطق العائم:**

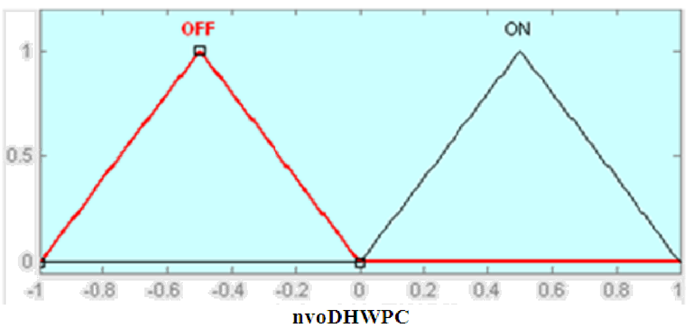
يمكن باستخدام متحكم المنطق العائم تصميم نظام التحكم والمراقبة على عمل نظام الماء الاستخدام الساخن ودون الحاجة إلى إضافة موسعات للمداخل والمخارج والترابط مع تحكمات نظام BMS الرئيسة، (الأشكال ٣-٤٨ و ٣-٤٩ و ٣-٥٠):



الشكل(٣-٤٨): التحكم بتشغيل منظومة الماء الاستخدام الساخن.



الشكل(٣-٤٩): توابع الانتماء لمداخل متحكم المنطق العائم بتشغيل منظومة ماء الاستخدام الساخن.



الشكل(٣-٥٠): توابع الانتماء لمخرج متحكم المنطق العائم بتشغيل منظومة ماء الاستخدام الساخن.

– يبدأ تشغيل نظام Domestic وفقاً لقواعد المنطق العائم الموضوعة لهذا الغرض التالية:

1. If(DHWPS is OFF)and(DBMS is Disable)then(DHWPC is OFF).
2. If(DHWT is Low)and (DHWPS is ON)and(DBMS is Enable)then(DHWPC is ON).
3. If(DHWT is SetPointRang)and (DHWPS is ON)and(DBMS is Enable)then(DHWPC is OFF).
4. If(DHWT is High)and (DHWPS is ON)and(DBMS is Enable)then(DHWPC is OFF).

حيث أن:

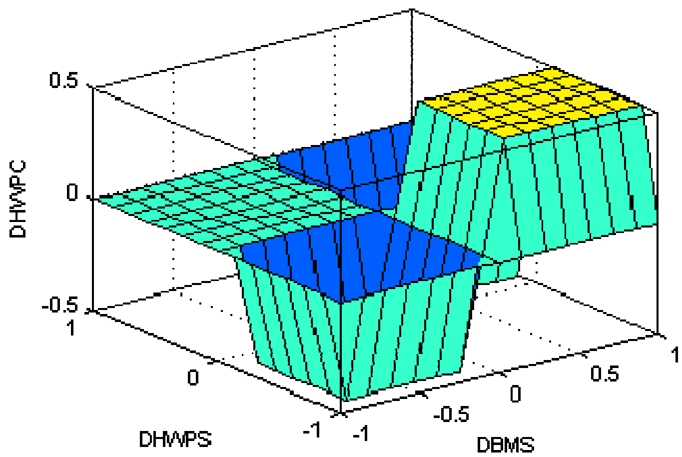
DHWT: درجة حرارة ماء الاستخدام الساخن (منخفضة، ضمن المجال الطبيعي، عالية).

DHWPS:حالة مضخة الماء الساخن (إطفاء، تشغيل).

DBMS:حالة نظام التحكم ومراقبة ماء الاستخدام الساخن (غير مفعّل، يدوي، مفعّل).

DHWPC: التحكم بمضخة الماء الساخن (إطفاء، تشغيل).

يبين الشكل(٣-٥١) سطح قواعد التحكم بعمل الضخة DHWPC(DHWPS, DBMS).



الشكل(٣-٥١): سطح قواعد التحكم بعمل المضخة DHWPC(DHWPS, DBMS).

٣-٨ النتائج والمناقشة:

– تم من خلال البحث إعداد مخططات أتمتة منظومات تأمين الماء البارد و تأمين ماء التدفئة وتأمين ماء الاستخدام الساخن من أجل إدخال هذه المنظومات في نظام BAS.

– جرى من خلال البحث تحديد نقاط التحكم الرقمي المباشر ونوعها لكل منظومة من المنظومات السابقة.

– رُتب من خلال البحث تسلسل مراحل عمل المنظومات السابقة وتحليل سلوك نظام الـــ BAS عند كل مرحلة للاستفادة من هذا التسلسل في تصميم المتحكم المنطقي العائم.

- وُضعت من خلال البحث واجهات التطبيق العملي لــ BAS على منظومة تأمين الماء البارد ومنظومة تأمين ماء التدفئة.
- أجرينا من خلال البحث نمذجة ومحاكاة نظام BAS المطبق على منظومات تأمين الماء البارد وتأمين ماء التدفئة وماء الاستخدام الساخن باستخدام التحكم المنطقي العائم واعتماد أسلوب تقسيم هذه المنظومات إلى دارات فرعية مترابطة بواسطة BAS.
- تم استخدام أربعة متحكمات منطقية عائمة في نظام التبريد وخمسة في نظام التدفئة منها أثنين مشتركين مــع نظام التبريد ومتحكم واحد في نظام الماء للاستخدام المحلي بغية تحسين سمات النظام الحراري لكل منظومـــة من وجهة نظر اقتصادية وبيئية. حيث كان التركيز في أمثلة نظامي التبريد والتدفئة على الآتي:
  - دراسة حمل المبرد في منظومة التبريد.
  - تحسين سمات النظام الحراري من وجهة النظر الاقتصادية والبيئية وتخفيض استهلاك الوقود فـــي نظـــام التدفئة واستهلاك غازات التبريد الضارة بالبيئة في نظام التبريد.
  - زيادة الكفاءة الحرارية للنظام وذلك بتخفيض انبعاث غازات العادم.
- تبين من خلال بيانات بارامترات منظومة تأمين الماء البارد (درجة الحرارة الخارجية، الرطوبة النسبية، درجة حرارة الفريون، درجة حرارة الماء الذاهب من المبرد، درجة حرارة الراجع إلى المبرد، درجة حرارة المكثف، درجة حرارة الماء الذاهب من المكثف، درجة حرارة الماء الراجع إلى المكثف، نسبة الحمل) باستخدام التحكم التقليدي المستخدم حالياً أن متوسط حمل المبرِّد 50.4% بمتوسط درجة حرارة خارجية $37.26\ C^{O}$ ومتوسط رطوبة نسبية 37.326% وهذا ناتج عن تشغيل مضخات الماء البارد ومراوح أبراج التبريد على مرحلة واحدة. أما من خلال بيانات هذه البارامترات وباستخدام التحكم المنطقي العائم تبين لنا أن متوسط حمل المبرِّد 44.4% بمتوسط درجة حرارة خارجية $38.6\ C^{O}$ ومتوسط رطوبة نسبية 36.26% نلاحظ أن متوسط حمل المبرِّد أنخفض بمقدار 6% على الرغم من زيادة متوسط درجة الحرارة الخارجية بمقدار $1.34\ C^{O}$ عند متوسط رطوبة نسبية متساوية تقريباً، وهذا ناتج عن تشغيل الأجهزة التنفيذية السابقة على عدة مراحل مترابطة مع بعضها البعض من خلال الــ BAS، وهذا ما يزيد من عمر التجهيزات ويقلل من أعمال الصيانة ومن استهلاك غاز التبريد (الفريون) الضار بالبيئة.
- نتيجة تطبيق متحكم منطق عائم على منظومة التدفئة تبين لنا انخفاض استهلاك الوقود من 4250 ليتر يومياً باستخدام نظام التحكم المستخدم حالياً إلى حوالي 3420 ليتر يومياً أي انخفاض بمقدار حوالي 830 ليتر يومياً. وتبين لنا بالتجربة أن مجموعة من العوامل تشترك في تخفيض استهلاك الوقود وهي: التحكم بعمل المضخات والمراجل على عدة مراحل بالإضافة إلى التحكم بالوضع الليلي للتدفئة.
- تبين من خلال الدراسة والبحث أن أتمتة المنظومات الخدمية باستخدام المتحكمات الرقميـــة المباشـــرة DDC التي يدخل في تكوينها المتحكمات التقليديـة تفي بطلبات الشاغلين بشكل جيد دون الأخذ بعين الاعتبار استهلاك

الطاقة وتلوث البيئة. أما باستخدام التحكم المنطقي العائم فإن طلبات الشاغلين تلبى بشكل أفضل مع الأخذ بعين الاعتبار استهلاك الطاقة وتلوث البيئة.

- تفتح الأبحاث التي درست في هذا الفصل مجالات لتطبيقات جديدة لمتحكمات المنطق العائم في أسواق أتمتــة وإدارة البناء.

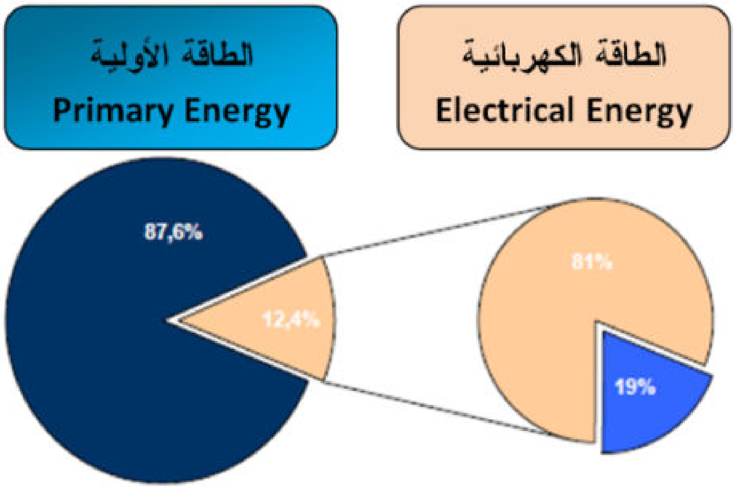
الفصل الرابع

التحكم بالإنارة الداخلية للأبنية ومراقبتها باستخدام متحكمات المنطق العائم

The Control and Monitoring for Internal Lighting of Building by Using Fuzzy Logic Controllers

٤-١ مقدمة

أصبح قطّاع الإنارة في الوقت الحاضر من القطاعات الكبيرة في استهلاك الطاقة الكهربائية، ففي الشرق الأوسط يشكل حوالي 22% من الطاقة الكهربائية الكلية، علماً أن متوسط الاستهلاك العالمي حوالي 19% (الشكل ٤-١) [24].



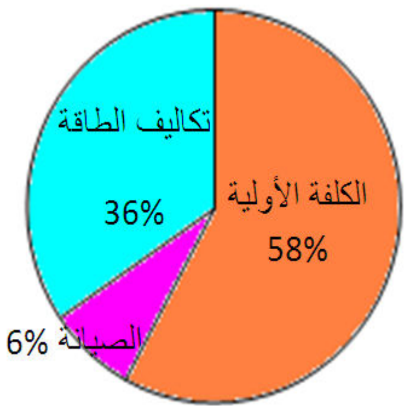
الشكل (٤-١): نسبة استهلاك الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة، والإنارة من الطاقة الكهربائية.

تتوزع التكاليف على ثلاثة أجزاء[25]، (الشكل ٤-٢):

١- التكلفة الأولية للتركيب حوالي 58% .

٢- تكلفة الطاقة حوالي 36%.

٣- تكلفة الصيانة حوالي 6%.



الشكل (٤-٢): نسب تكاليف الإنارة لمدة عشر سنوات من بدء التركيب.

إن عملية التحكم بالإنارة تؤدي إلى التخفيف من تكاليف استهلاك الطاقة والصيانة مع زيادة بسيطة جداً في التكلفة الأولية للتركيب، ولإنجاز هذا التوفير يجب الاستفادة القصوى من الإضاءة النهارية والإقلال إلى الحد الأدنى من استخدام الطاقة الكهربائية مع الإبقاء على مستويات إنارة مريحة.

إن نوعية الإنارة لا يمكن تحديدها بدقة فهي متعلقة بشاغل المكان وبراحته والتي تتضمن شدة الإنارة، وتوزع الإنارة، وطيف الإنارة، وتباينات الإنارة (بقع ضوئية). بالإضافة إلى ذلك أن أغلب المكاتب المفتوحة لها حاجات إنارة مختلفة، فنجد أن الإنارة النهارية تصل بشكل متباين إلى الأماكن المختلفة البعد عن النوافذ، ولذلك يجب الأخذ بالاعتبار هذا التباين عند توزيع أجهزة الإنارة.

يمكن للتحكم بالمشغولية أن يندمج مع نظام الاستفادة من الإضاءة النهارية للحفاظ على إنارة مخفتة (Dimming) عندما تكون الإضاءة النهارية كافية في حال مشغولية المكان، ويستطيع المدراء أن يضبطوا آلياً المحولات المخفتة(Dimming Ballast) لتقديم الحلول المربحة للاستفادة من ضوء النهار النافذ إلى المكاتب، حيث تزوَّد هذه المحولات بحساسات ضوئية فردية تعدل إنارة المصباح آلياً وبشكل مستمر، وتستطيع حساسات المشغولية التحكم بقدرة المحولات بما يلاءم الأقسام المشغولة وهذا يقلل كثيراً من استهلاك الطاقة [25].

اصطدمت نظم تحكم الاستفادة من الإضاءة النهارية بعدة عقبات أهمها:

- التنسيق الضعيف بين اتجاهات تصميم المبنى المتعلقة بالأعمال النهارية.
- توضع حساسات الإضاءة النهارية بشكل غير صحيح.
- عدم الأخذ بالاعتبار كافة برامترات التحكم بالإنارة.
- عدم الرجوع إلى المصممين لتعديل المخططات التي بحاجة إلى تعديل.

إن إطفاء الإنارة في حال عدم مشغولية المكان (خاصة في المباني الحكومية) يوفر الكثير من الطاقة الكهربائية.

إن القليل من مهندسي الكهرباء من يأخذ عملية التكامل مع الإنارة النهارية وتوزيع الإنارة ضمن المكان الواحد في عمليات حسابات الإنارة وما له من فوائد عديدة أهمها:

- الفوائد الاقتصادية: يوفر في كميات الضوء اللازم للإنارة وبالتالي يخفض من نفقات تركيب الأجهزة وكذلك الاستهلاك الدائم للطاقة الكهربائية.
- الفوائد النفسية والصحية: حيث أن للإنارة النهارية وضوء الشمس أثر كبير على نفسية الأشخاص وعلى صحتهم أيضاً.
- الإقلال من معدلات الصيانة والإصلاح.
- زيادة عمر التجهيزات المركبة في المبنى.
- الابتعاد عن التلوث البيئي.
- استخدام نظم المراقبة والتحكم من عدة نقاط ضمن المبنى الواحد ليجعل إمكانية إدخال المبنى ضمن نظام

التحكم والمراقبة بمستويات أعلى (مدن المعرفة) [26].

لذلك يجب أن يتكامل دور مهندسي الكهرباء مع مهندسي العمارة منذ بداية المشروع بغية الوصول لأنسب الحلول.

وبإدخال تقانات متحكمات المنطق العائم بدلاً عن المتحكمات الكلاسيكية الحالية، يجعل عمليات التحكم الحاسوبية أفضل بتجهيزات منظومة الإنارة ومراقبتها.

تعاريف:

- **شدة الإنارة: (Light Intensity)**

هي كمية التدفق الضوئي الذي يسقط على واحدة السطح، وتقاس باللومن لكل متر مربع وواحدتها اللوكس (Lux)، (الجدول ٤-١) [27].

الجدول (٤-١): شدة الإنارة الموصى بها عالمياً لبعض المواقع

الموقع	شدة الإنارة E(Lux)	الموقع	شدة الإنارة E(Lux)
مكاتب عامة للأعمال الكتابية	400 - 600	مكاتب عامة مفتوحة واسعة	600 - 850
مكاتب ذات آلات حاسبة وآلات طباعة	700 - 850	صالات دخول – قاعات انتظار – أماكن تجمع	120 - 200
المصاعد	120 - 200	الأدراج الكهربائية	120 - 200
غرف حفظ الملفات	250 - 400	طرق خارجية مغطاة	30 - 75
غرف الاجتماعات	700 - 850	مطبخ عام	350 - 400
غرف المدراء	400 - 600	منضدة استعلامات	400 - 600
الممرات	80 - 140	الأدراج	120 - 200

- **كمية الإنارة: (Luminous Intensity)**

هي كمية الضوء الصادرة عن المنبع الضوئي وواحدتها الشمعة (Candela).

- **حساس الضوء: (Light Sensor)**

يستخدم حساس الضوء عين كهروضوئية لقياس شدة الإنارة في المكان يوصل خرج حساس الضوء إلى دخل المتحكم والذي يقوم بدوره بمعالجة إشارة الحساس وإعطاء الأوامر المناسبة لمشغلات المصابيح.

- **حساس المشغولية: (Occupancy Sensor)**

إن أكثر حساسات المشغولية شيوعاً هي من أنواع حساسات الأشعة تحت الحمراء (Infra-Red) والفوق صوتية (Ultrasonic)، وتحتوي على مؤقت زمني للمكافأة في حالة أن الناس موجودون ولكن لا يتحركون (فوق صوتية)، أو دخلوا في منطقة ميتة (تحت الحمراء)، وتستطيع هذه الحساسات أن تعمل بشكل مستقل أو بالتكامل مع نظام التحكم والأتمتة للمبنى، وتستخدم أيضاً في بعض الحالات لتعديل النقاط المرجعية لدرجات حرارة أجهزة التكييف، وتستخدم حساسات المشغولية لوحدها في الأماكن القليلة أو المتقطعة الاستخدام مثل المخازن وغرف الاستراحة والممرات المستوية.

- **مشغل المصباح: (Lamp Actuator)**

عبارة عن مخفتات أو حاكمات أو محولات الكترونية قابلة للتحكم تقوم بتشغيل المصباح، ويستخدم مشغل المصباح مع المتحكمات والمفاتيح مثل: متحكم الإنارة الثابتة ومتحكم المشغولية، حيث يوصل خرج هذه المتحكمات أو المفاتيح إلى دخل المشغل على شكل أوامر للتنفيذ.

- **متحكم المنطق العائم:**

يعتبر المنطق العائم أحد تقنيات الذكاء الصنعي، وهو سهل للفهم، وذو مفاهيم رياضية بسيطة جداً بعيدة عن التعقيد، ومرن، ويستند على اللغة الطبيعية، وهي اللغة البسيطة المستخدمة في الاتصالات اليومية للبشر البعض If… then… والتي تكونت على مدى آلاف السنين.

وفي بحثنا تعطى الأهمية إلى التنسيق بين برامترات دخل النظام المختلفة والمخارج المختلفة أيضاً، وإعطاء عدد كبير من سويات التحكم بالإنارة.

٤–٢ التحكم بالإنارة:

٤–٢–١ التحكم بالإنارة النهارية.

إن أي بناء صمم للعمل في النهار بدون المكاملة (Integrated) مع الإنارة الكهربائية يمكن أن يؤدي إلى خسارة كبيرة في الطاقة بسبب عدم الموازنة بين الأحمال الحرارية المتزايدة، وحمل التبريد، وهذا يتم عن طريق استخدام حساسات المشغولية والإنارة للتحكم بنظام الإنارة الكهربائية، حيث تستطيع هذه الحساسات أن تشغل مفاتيح التحكم بالإطفاء والتشغيل لمختلف الأنوار أو المصابيح وتستطيع تشغيل نظام التخفيت المستمر، إلا أن نظام التخفيت المستمر مكلف أكثر من نظام المفاتيح ولكنه أكثر استحباباً للمستخدم، لأنه يتحسس للتغير في مستويات الإنارة غير الملحوظ.

٤-٢-٢ التحكم اليدوي بالتخفيت:

تسمح لشاغلي المكان بتعديل خرج أو سطوع الإنارة، وهذا يؤدي إلى توفير في الطاقة، والتخفيض على طلب التيار الكهربائي عند الذروة، وتحسين الإنارة، تسمح المفاتيح الإنزلاقية بتغيير ناتج الإنارة بالكامل، ويمكن التحكم بالإنارة حسب الوقت أيضاً (صباح، ظهر، عصر، مساء)، أيضاً يمكن التحكم بالإنارة عن بعد بواسطة جهاز تحكم عن بعد وحساسات تعمل كمفاتيح، لكن مع أجهزة الفلوريسانت الأكثر انتشاراً من الصعب التحكم يدوياً بسبب وجود المحولات.

٤-٢-٣ التحكم المركزي.

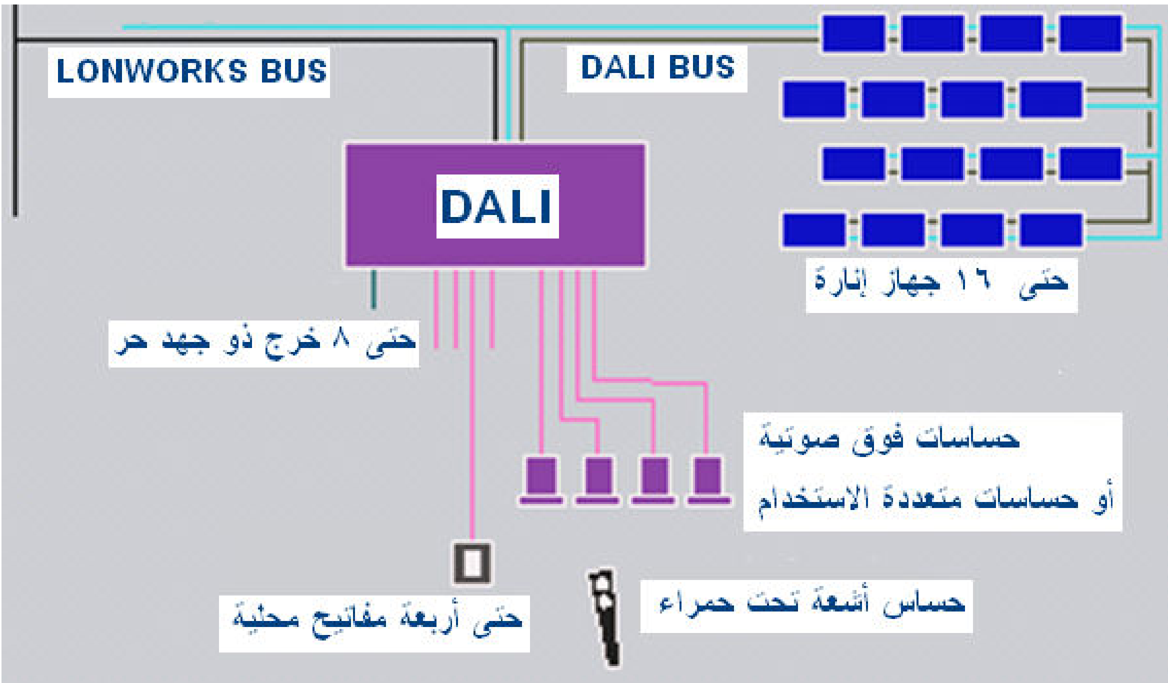
يمكن أن يستخدم التحكم المركزي أو أنظمة أتمتة البناء لتشغيل وإطفاء الأنوار آلياً، أو تخفيت الإنارة، تشغل الإنارة مباشرة قبل وصول المستخدمين صباحاً، و يستخدم نظام التحكم المركزي أثناء الدوام للتحكم بتخفيت الإنارة وفقاً لمستوى الإضاءة النهارية، وفي نهاية الدوام يتم إطفاء الأنوار آلياً.

٤-٣أشكال إمكانيات التنفيذ:

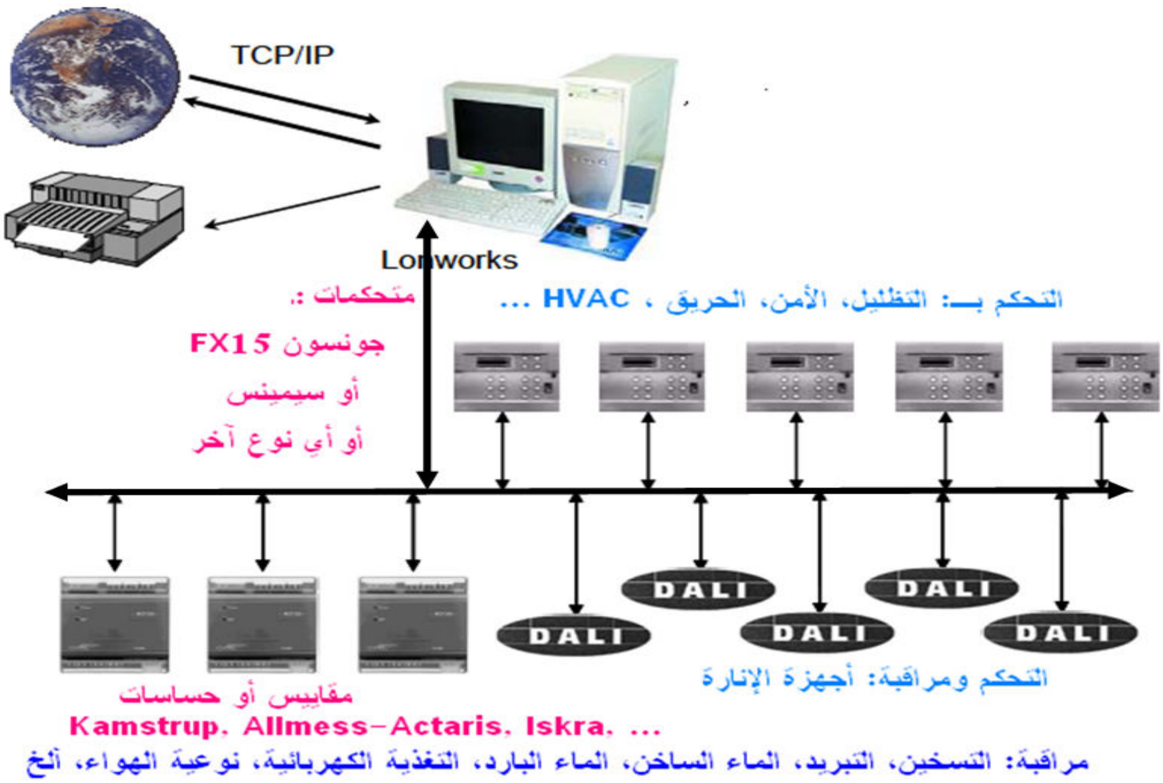
٤-٣-١ الشكل الأول: إن الإنارة الإصطناعية في المجمع البلدي منفذة بنظام حزام المجموعة من مصابيح فلوريسانت (4*20W في كل مجموعة) مضافاً إلى هيكل المجموعة عواكس بصرية (على شكل شبكة من الألمنيوم)، يمكن تجهيز كل خط من المجموعات بحساس ثابت (مثال على ذلك: Siteco SLZ 903 0) الذي يسمح بتنظيم حلقته الخاصة، أي يعطي الأوامر لجهاز تعديل الإنارة الخاص بالحلقة والذي يعدل من نسبة تدفق الضوء، ومن أجل التقليل من استخدام الحساسات يمكن تقسيم كل منطقة إلى قسمين داخلي وخارجي، تبقى المشكلة في استخدام هذا النمط من التحكم عدم احتواءه على تغذية عكسية عن إنارة المنطقة، لذلك يجب أن يزود بحساسات مرتبطة إلى الـBMS لمراقبة مستويات الإنارة [26, 27].

٤-٣-٢ الشكل الثاني: كذلك الإنارة الاصطناعية منفذة كما في الشكل الأول لكن يمكن من خلال جهاز البرتوكول LON توصيل نظام الإنارة إلى الـBMS والتي تقوم بمراقبة مستويات الإنارة بواسطة حساساتها.

٤-٣-٣ الشكل الثالث: وهو الشكل المفضل حالياً. يتم تنفيذ تنظيم الإنارة باستخدام بروتوكول DALI (Digital Addressable Lighting Interface)، يعتبر من أفضل البرتوكولات للتحكم بالإنارة الداخلية، وهو عبارة عن برتوكول يستند على الإشارات الرقمية، والذي يستطيع تنظيم تدفق الإنارة من 0% وحتى 100% . يسمح هذا النظام بارتباط 64 مجموعة إنارة على خط بيانات واحد، مع حساسات متعددة الاستخدام، وخطوط تغذية، يمكن أن يعمل نظام DALI بشكل مستقل أو يمكن وصله إلى نظام BMS باستخدام واجهة اتصال خاصة، أو عبر واجهة البرتوكول LONWORK (الشكل٤-٣ والشكل ٤-٤).



الشكل (٤-٣): عمل برتوكول DALI مع برتوكولLONW

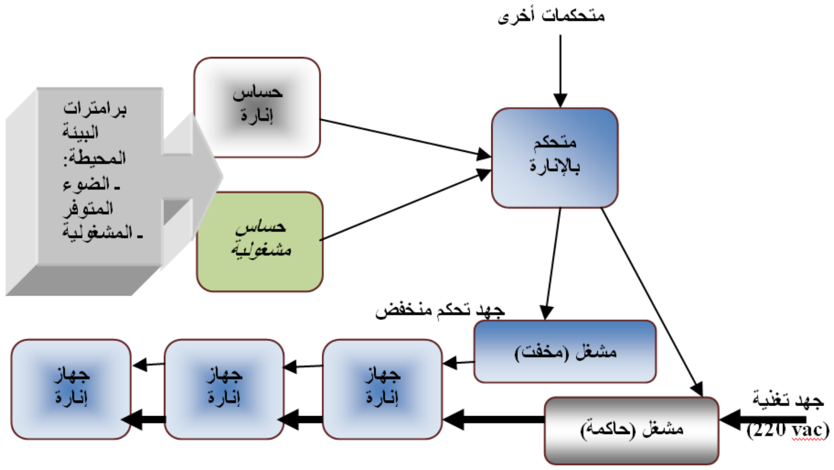


الشكل (٤-٤): عمل برتوكول DALI ضمن نظام BMS

٤-٣-٤ **الشكل الرابع:** وهو شكل متطور يعتمد على الذكاء الصنعي (خوارزمية المنطق العائم) وهو الشكل المقترح دراسته وتنفيذه.

٤-٤ التحكم بالإنارة الداخلية باستخدام متحكم المنطق العائم:

يبين الشكل (٤-٥) المخطط العام للتحكم بالإنارة.



الشكل(٤-٥): المخطط العام للتحكم بالإنارة.

ويبين الشكل (٤-٦) تجهيزات التحكم بالإنارة الواجب توافرها في المكان المراد مراقبته والتحكم بإنارته (مثال: مكتب في الطابق السادس في مبنى المجمع البلدي بحلب، يقع بالجهة الغربية الشمالية من المبنى ويحوي على ستة أحزمة من مصابيح فلوريسانت في كل حزام أربع مجموعات (3*20 W في كل مجموعة أي 72 مصباح فلوريسانت باستطاعة إجمالية 1440 W) وثلاثة مفاتيح تشغيل ــ إطفاء للتحكم بالأحزمة، وعلى الرغم من أن الفعاليات داخل المكتب تنحصر على مكان طاولة الموظف وأحياناً على طاولة الاجتماعات في المنطقة الجانبية فقط فإن الإنارة تبقى عاملة طوال أوقات الدوام إن كان الموظف موجوداً أو غير موجود).

يوجد في المجمع البلدي 732 موقعاً بحاجة للتحكم بإنارتها موزعة وفقاً للجدول (٤-٢):

الجدول (٤-٢): توزع مواقع التحكم بالإنارة

المنطقة	عدد المواقع	المنطقة	عدد المواقع
موقف السيارات ــ1	9	الطابق الثاني	70
موقف السيارات(محطة) ــ1	5	الطابق الثالث (صالة المعارض)	10

موقف السيارات ــ 2	30	الطوابق المتكررة من 4 وحتى 18	15 * 24
موقف السيارات(محطة)ــ 2	5	طابق المطعم	11
موقف السيارات الجديد ــ 2	8	طابق كافتريا	14
الطابق الأرضي	64	طابق الخدمات	55
طابق أول	75	طابق الفني/ مصاعد	7
الأدراج	13		



الشكل (٤-٦): تجهيزات التحكم بالإنارة الواجب توافرها في المكان المراد أتمته.

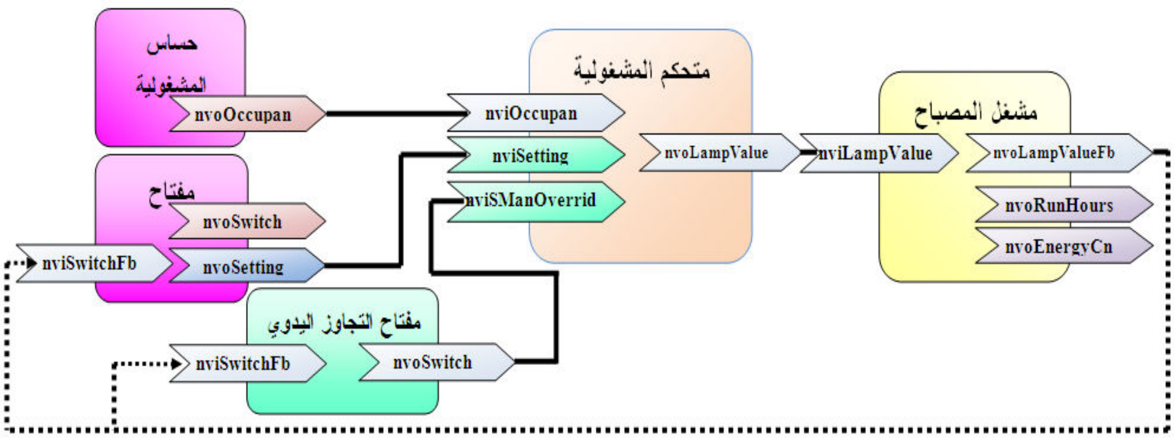
ملاحظة١: كل عبارة في هذا البحث تحوي على network variable input(nvi) تعني إشارة دخل يمكن استخدامها كعقدة دخل في شبكة نظام أتمتة المبنى BAS، وnetwork variable output (nvo) تعني إشارة خرج يمكن استخدامها كعقدة خرج في شبكة نظام أتمتة المبنى BAS .

٤-٤-١ تصميم متحكم مشغولية باستخدام المنطق العائم للتحكم بالإنارة:

- الهدف من استخدام متحكم المشغولية إعطاء الإشارة nvoLampValue إلى مشغل المصباح من أجل العمل لدى ورود الإشارة nviOccupan إلى دخله من حساس المشغولية للدلالة على انشغال المكان بالناس.

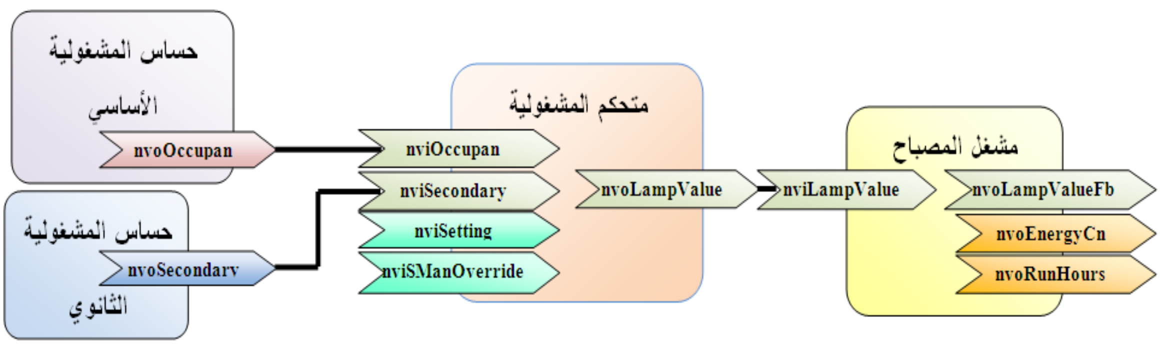
يبين الشكل (٤-٧) مخطط استخدام متحكم المشغولية ومجموعة عقد متغيرات شبكة أتمتة البناء.

- يستخدم المفتاح (Switch) للتبديل بين نمطي وضعية المتحكم إما تشغيل ON أو إطفاء OFF باستخدام دخل المتحكم (nviSetting). كما يستطيع المفتاح تجاوز المتحكم والتحكم بتشغيل مشغل المصباح مباشرة (يدوياً) باستخدام دخل المتحكم (nviManOverrid).



الشكل (٤-٧): مخطط استخدام متحكم المشغولية.

ويمكن أن يقاد متحكم المشغولية من قبل حساس المشغولية المركب في منطقة مجاورة كدخل ثانوي (nviSecondary)، (الشكل ٤-٨).

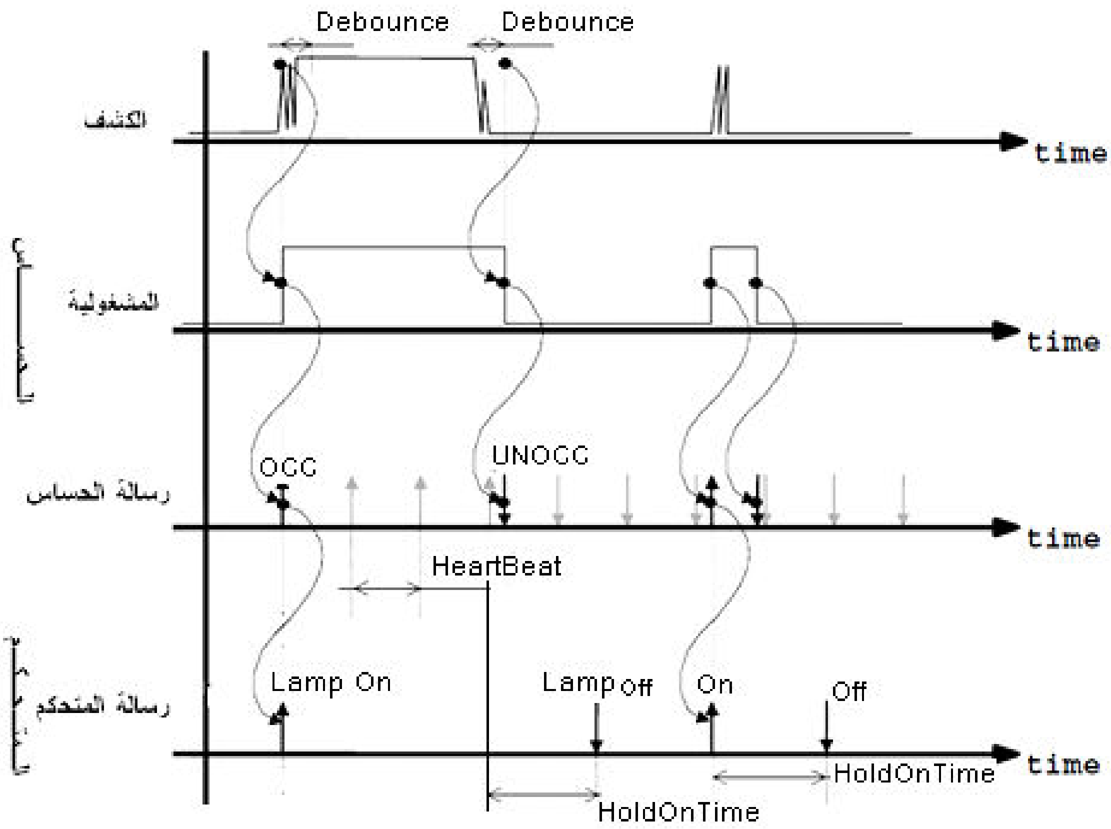


الشكل (٤-٨): استخدام حساس مشغولية ثانوي للتحكم بالإنارة.

ملاحظة ٢: يعود المتحكم إلى حالة العمل الآلي بعد تلقي الإشارة اليدوية بتأخير زمني يحدد من قبل مســتخدم شبكة التحكم ويأخذ الوضع الحالي للمفتاح اليدوي.

- يستخدم (nvoLampValueFb) كإشارة تغذية عكسية إلى مدخل مفتاح التشغيل.
- يستخدم (nvoRunHours) لتسجيل عدد ساعات عمل المصباح وتاريخ التشغيل.
- يستخدم (nvoEnergyCn) لتسجيل قيمة الطاقة المستهلكة من قبل المصباح في كل مرة، وذلك من أجل إجراء الصيانات اللازمة بتواريخها.

يبين الشكل (٤-٩) المخطط الزمني لعمل متحكم المشغولية مع حساس المشغولية.



الشكل (٤-٩): المخطط الزمني لعمل متحكم المشغولية مع حساس المشغولية.

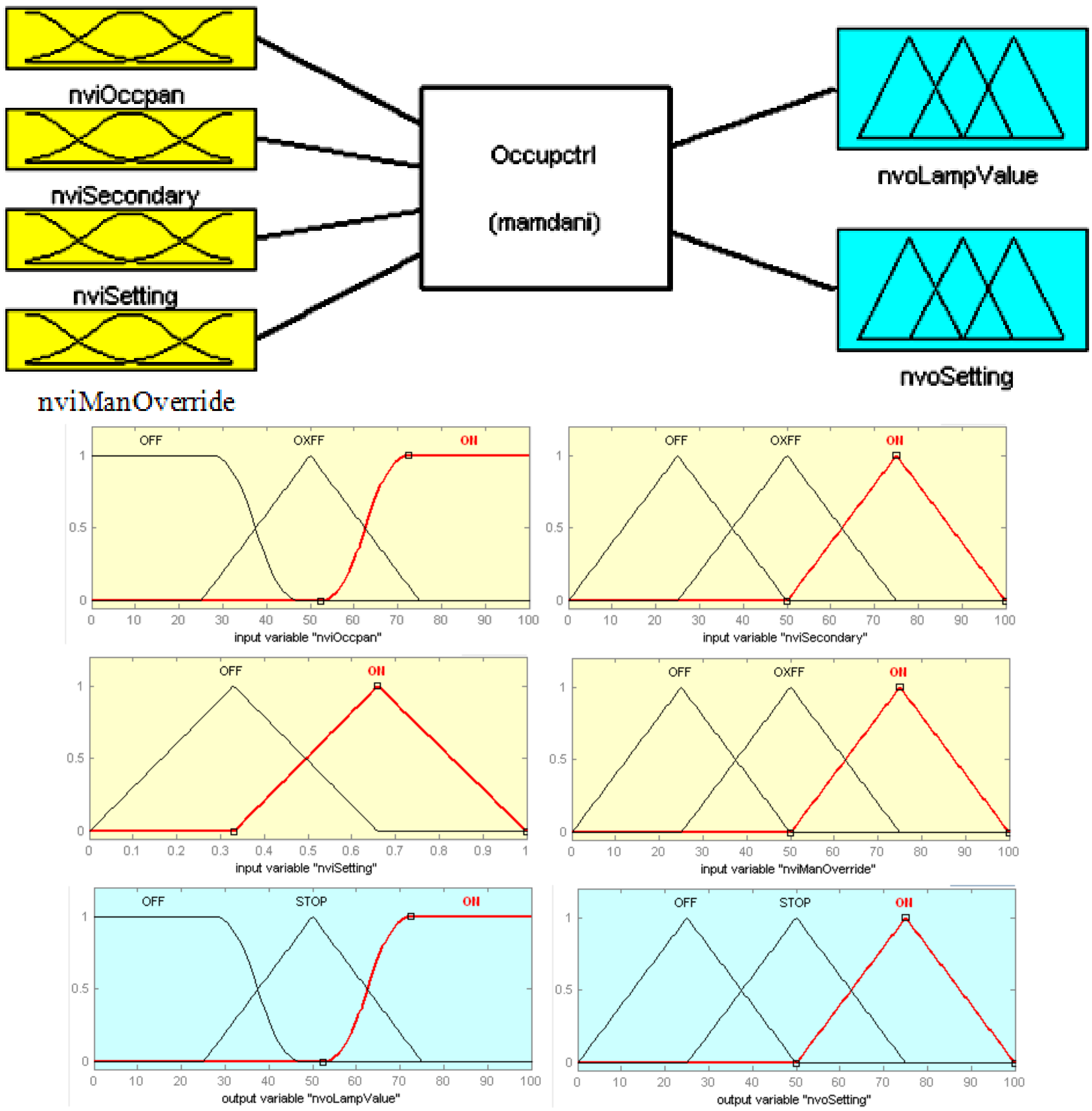
حيث إن:

Debounce : الزمن اللازم لإطفاء مشغل المصباح عند الانتقال من حالة المشغولية إلى حالة اللامشغولية، أما عند حالة الانتقال من اللامشغولية إلى المشغولية تستخدم فقط لتأكيد حالة المشغولية.

HeartBeat: دور ارسال الرسائل لتقييم التحديثات على قطار نبضات إشارة حساس المشغولية، والهدف منها التأكد من عمل الحساس، والسماح لمتحكم المشغولية بالعمل مع عدة حساسات بآن واحد، دائماً HeartBeat > Debounce.

HoldTimeValue: الزمن اللازم لإطفاء مشغل المصباح عند الانتقال مــن حالـــة المشـــغولية إلـــى حالـــة اللامشغولية، دائماً HoldTime < HeartBeat .

يبين الشكل (٤-١٠) مداخل ومخارج متحكم المشغولية باستخدام المنطق العائم وتوابع الانتماء لهم [6, 29].



الشكل (٤-١٠): توابع الانتماء لمداخل ومخرجي متحكم المنطق العائم لنظام المشغولية.

وتحكم عمل متحكم النظام قواعد المنطق العائم التالية:

1- If (nviOccpan is ON) and (nviSecondary is ON) and (nviSetting is ON) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is ON) and (nvoSetting is STOP).

2- If (nviOccpan is ON) and (nviSecondary is OFF) and (nviSetting is ON) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is ON) and (nvoSetting is STOP).

3- If (nviOccpan is OFF) and (nviSecondary is ON) and (nviSetting is ON) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is ON) and (nvoSetting is STOP).

4- If (nviOccpan is OFF) and (nviSecondary is OFF) and (nviSetting is ON) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is OFF) and (nvoSetting is STOP).

5- If (nviOccpan is ON) and (nviSecondary is ON) and (nviSetting is OFF) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is OFF) and (nvoSetting is STOP).

6- If (nviOccpan is OFF) and (nviSecondary is ON) and (nviSetting is OFF) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is OFF) and (nvoSetting is STOP).

7- If (nviOccpan is OFF) and (nviSecondary is OFF) and (nviSetting is OFF) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is OFF) and (nvoSetting is STOP).

8- If (nviOccpan is OXFF) and (nviSecondary is ON) and (nviSetting is ON) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is ON) and (nvoSetting is STOP).

9- If (nviOccpan is OXFF) and (nviSecondary is OFF) and (nviSetting is ON) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is OFF) and (nvoSetting is STOP).

10- If (nviOccpan is ON) and (nviSecondary is OXFF) and (nviSetting is ON) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is ON) and (nvoSetting is STOP).

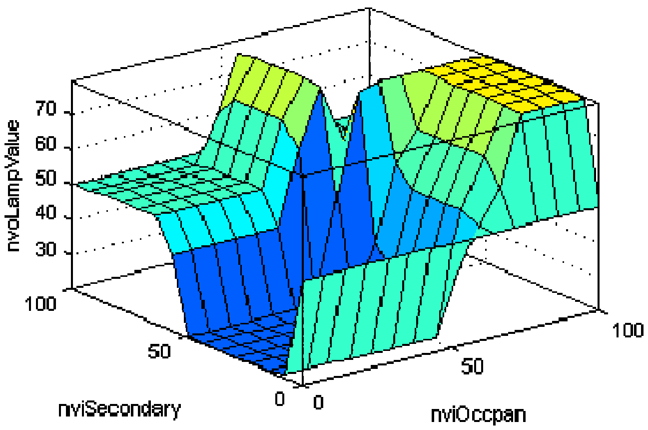
11- If (nviOccpan is OFF) and (nviSecondary is OXFF) and (nviSetting is ON) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is OFF) and (nvoSetting is STOP).

12- If (nviSetting is ON) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is OFF) and (nvoSetting is STOP).

13- If (nviManOverride is ON)then (nvoLampValue is ON) and (nvoSetting is STOP).

14- If (nviManOverride is OFF)then (nvoLampValue is OFF) and (nvoSetting is STOP).

يبين الشكل (٤-١١) سطح قواعد متحكم المنطق العائم لنظام المشغولية.



الشكل (٤-١١): سطح قواعد متحكم المنطق العائم لنظام المشغولية.

دلت التجارب التي أجريت على المكتب المختار للتجربة أنه باستخدام متحكم المشغولية مع توزيع حساس مشغولية على نطاق كل حزام إنارة يتم تخفيض زمن تشغيل أجهزة الإنارة بمعدل 40-50% وهذا ما يقابلها من استهلاك الطاقة الكهربائية، وذلك بسبب تكليف شاغلي المكتب بمهام خارج المكتب أثناء الدوام اليومي وكذلك الإجازات والتغيب عن المكتب.

باستخدام متحكمات تعتمد على المنطق العائم تبين إمكانية زيادة التوفير على النسبة السابقة 3-7% وهذا ناتج عن الاستجابة المرنة للتجهيزات التي تعمل مع متحكم منطقي عائم وعدم وجود قفزات في الجهود المطبقة على عناصر الاستهلاك (محولات مصابيح الفلوريسانت) وكذلك توفير الطاقة الكهربائية الضائعة في تماسات مفاتيح التشغيل العادية، حيث يمكن معالجة عمليات التحكم والمراقبة برمجياً عن طريق الحاسوب المركزي للمبنى، ولكن زادت التكاليف الأولية حيث أن سعر المحول القابل للتحكم يزيد بنسبة 75% تقريباً عن سعر المحول العادي من نفس النوع، يضاف إليها تجهيزات الأتمتة المرتبطة معها، وهذا يجعل الإقبال على استخدام هذه التقنية ضعيف جداً في الدول التي تدعم استهلاك الطاقة.

ملاحظة: تم تسجيل بيانات استهلاك الطاقة بعد تطبيق متحكم دقيق (Microcontroller) من نوع ATmega16 مقلد بمعالجته للعمليات لمعالجة المتحكم المنطقي العائم حيث تمت برمجته بلغة الـ Mico C وربطه مع دارات استطاعة H-Bridge لتغذية المصابيح، حيث تقاد تغذية المصابيح من خلال عناصر ترانزستورية MOSFET تقدحها نبضات تحكم من دارة متكاملة IR2210.

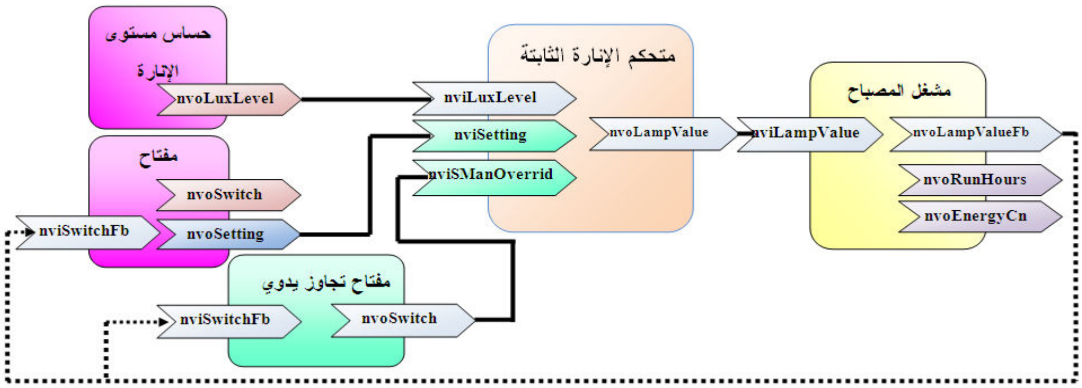
٤-٤-٢ تصميم متحكم الإنارة الثابتة باستخدام المنطق العائم للتحكم بالإنارة:

يعمل المتحكم على استقبال إشارة حساس شدة الإنارة المحلية (nviLuxLevel) حيث يقوم بمعالجتها وإعطاء أمر إلى دخل مشغل المصباح (nvoLampValue) يتضمن حالة تشغيل (ON) أو إطفاء (OFF) ورفع أو

تخفيت كمية الإنارة لتأمين شدة الإنارة المطلوب.

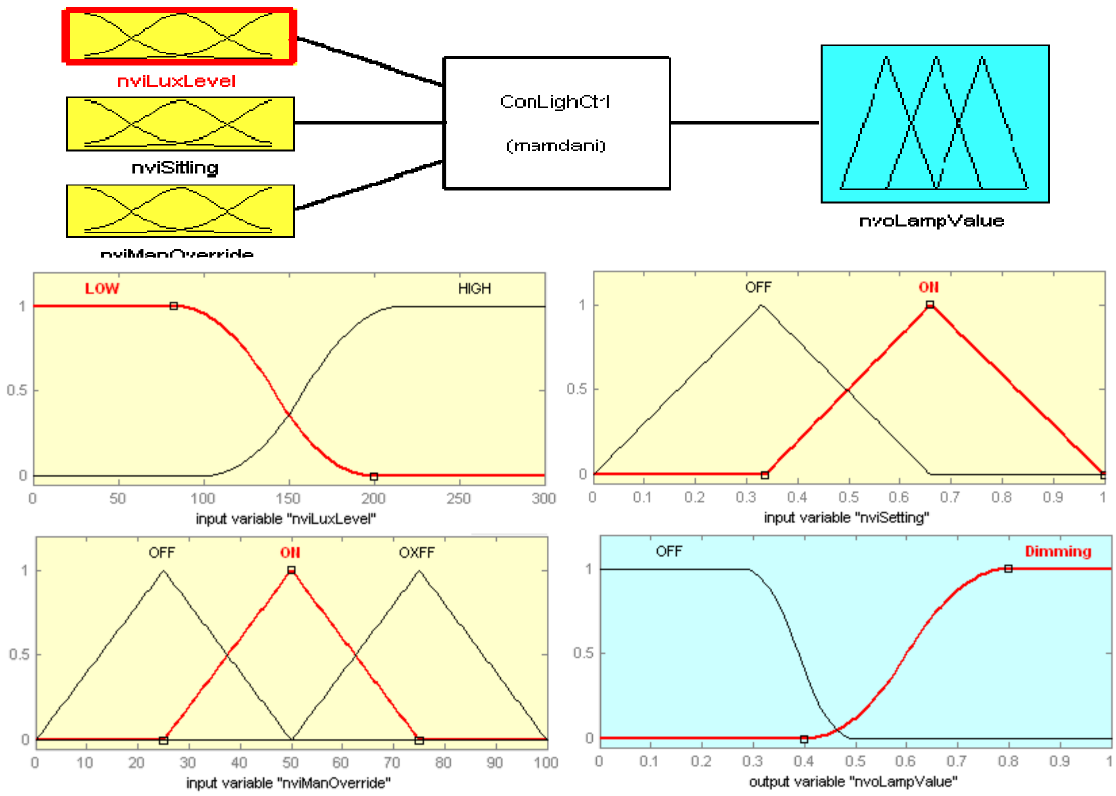
يستخدم المفتاح (Switch) للتبديل بين نمطي عمل المـــتحكم إمـــا ON أو OFF باســـتخدام دخـــل المـــتحكم (nviSetting). كما يستطيع المفتاح تجاوز المتحكم والتحكم بعمل مشغل المصباح مباشرة (يدوي) باســـتخدام دخل المتحكم (nviManOverrid).

يبين الشكل (٤-١٢) مخطط استخدام متحكم الإنارة الثابتة ومجموعة عقد متغيرات شبكة أتمتة البناء.



الشكل (٤-١٢): مخطط استخدام متحكم الإنارة الثابتة.

يبين الشكل (٤-١٣) مداخل ومخارج متحكم الإنارة الثابتة باستخدام المنطق العائم وتوابع الانتماء لهم.

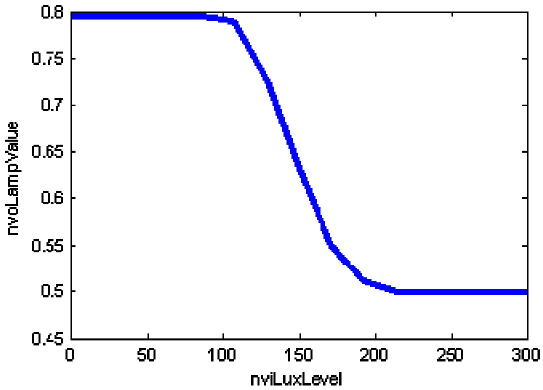


الشكل (٤-١٣): توابع الانتماء لمداخل ومخرج متحكم المنطق العائم لنظام الإنارة الثابتة.

وتحكم عمل متحكم النظام قواعد المنطق العائم التالية:

1- If (nviLuxLevel is LOW) then (nvoLampValue is Dimming) .
2- If (nviLuxLevel is HIGH) then (nvoLampValue is OFF)
3- If (nviManOverride is ON)then (nvoLampValue is Dimming) .
4- If (nviManOverride is OFF)then (nvoLampValue is OFF) .

يبين الشكل (٤-١٤) منحني قواعد متحكم المنطق العائم بالإنارة الثابتة.

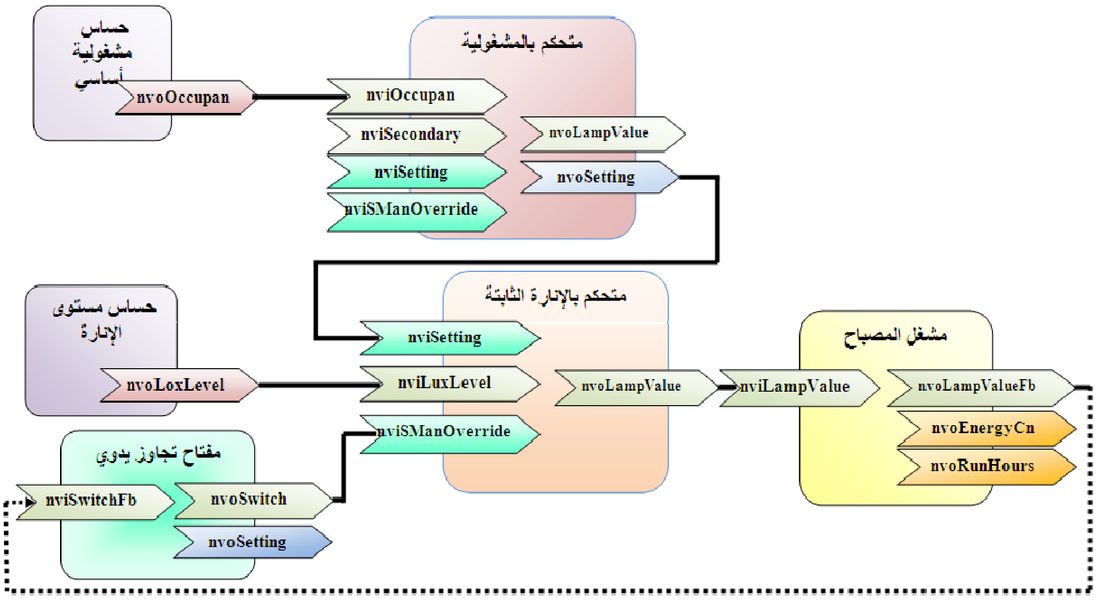


الشكل (٤-١٤): منحني قواعد متحكم المنطق العائم بالإنارة الثابتة.

دلت التجارب التي أجريت على مجموعة مكاتب في المجمع البلدي بحلب أنه باستخدام متحكم الإنارة الثابتة في الأماكن المكتبية يتم توفير طاقة كهربائية 35-40% في المكاتب الواقعة عكس اتجاه حركة الشمس أثناء الدوام اليومي وتصل 56-70% في المكاتب الواقعة بجهة حركة الشمس.

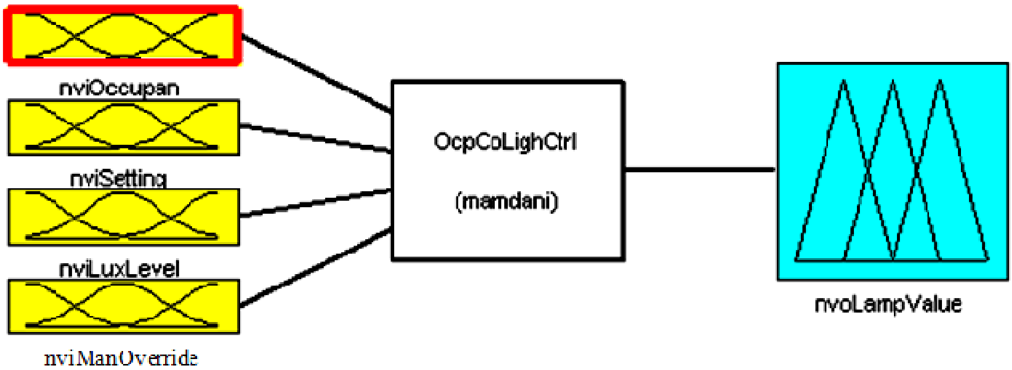
٤-٤-٣ تصميم متحكم بالإنارة الثابتة باستخدام المنطق العائم للتحكم بالإنارة والمتكامل مع متحكم المشغولية:

وفيه يتكامل متحكم المشغولية مع المتحكم بمستوى إنارة ثابت، (الشكل ٤-١٥) حيث يؤخذ بالاعتبار خرج الحالة (nviSetting) لمتحكم المشغولية للتحكم بأنماط عمل متحكم الإنارة الثابتة تشغيل (ON) أو إطفاء (OFF).

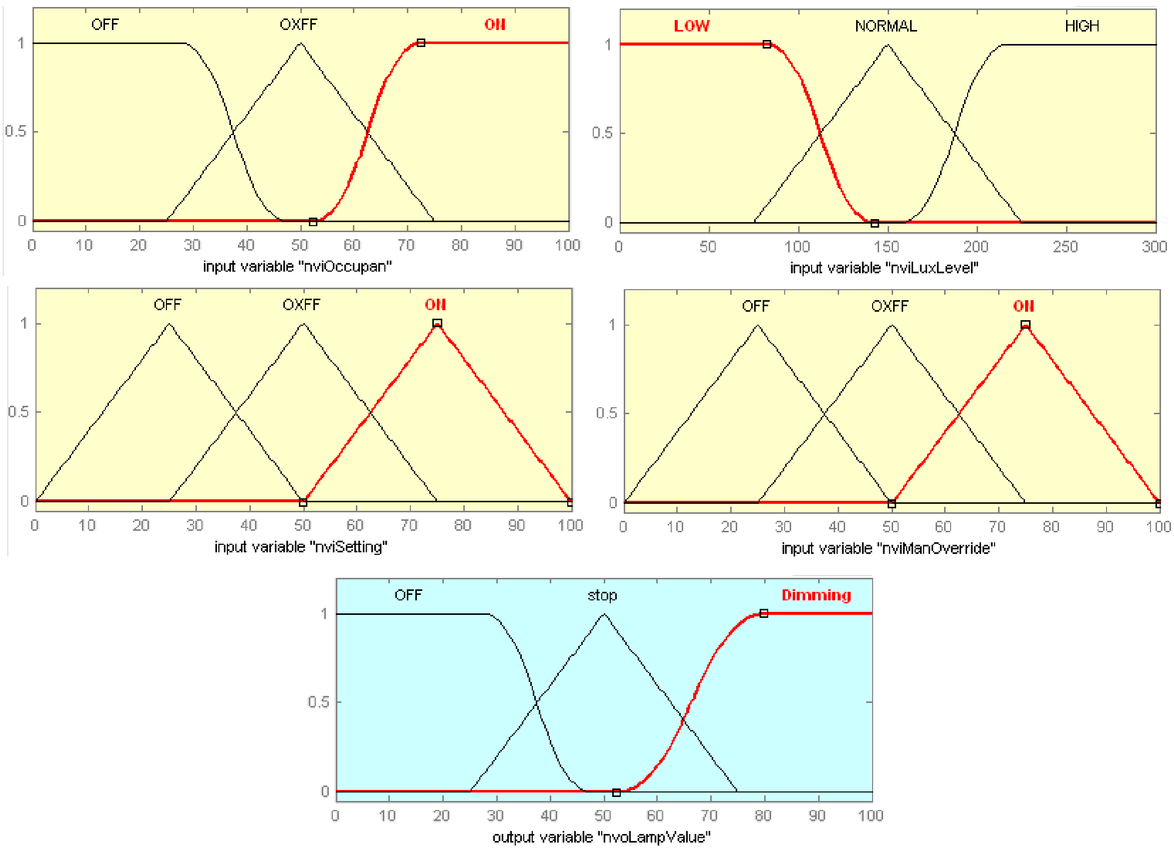


الشكل (٤-١٥): مخطط التحكم بالإنارة المتكامل.

يبين الشكل (٤-١٦) مداخل ومخارج متحكم الإنارة المتكامل باستخدام المنطق العائم.



الشكل (٤-١٦): متحكم الإنارة المتكامل باستخدام المنطق العائم.



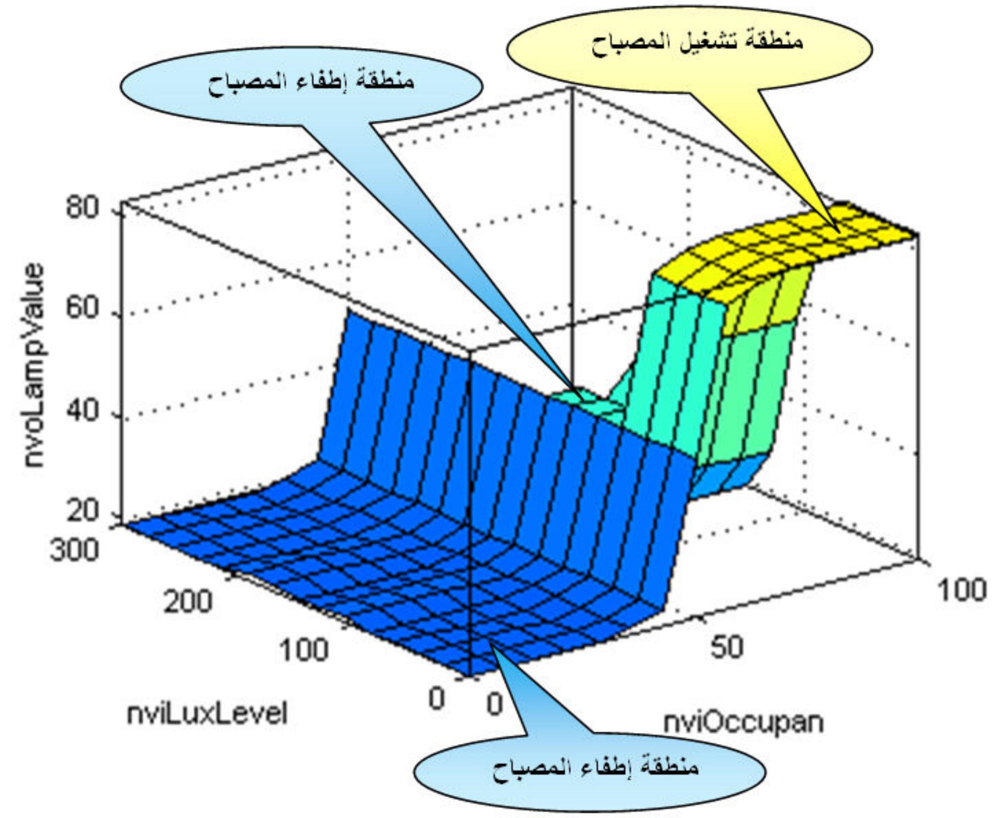
الشكل (٤-١٧): توابع الانتماء لمداخل وخرج متحكم المنطق العائم لنظام التحكم بالإنارة المتكامل.

وتحكم عمل متحكم النظام قواعد المنطق العائم التالية:

1- If (nviSetting is ON) and (nviLuxLevel is LOW) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is Dimming) .
2- If (nviSetting is ON) and (nviLuxLevel is NORMAL) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is OFF) .
3- If (nviSetting is ON) and (nviLuxLevel is HIGH) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is OFF) .
4- If (nviOccupan is ON) and (nviSetting is OXFF) and (nviLuxLevel is LOW) and (nviManOverride is OXFF)then and (nvoLampValue is Dimming) .
5- If (nviSetting is OFF) and (nviLuxLevel is LOW) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is Dimming) .
6- If (nviOccupan is OFF) and (nviSetting is OXFF) and (nviLuxLevel is LOW) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is OFF) .
7- If (nviOccupan is ON) and (nviSetting is OXFF) and (nviLuxLevel is NORMAL)and(nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is OFF) .
8- If (nviOccupan is ON) and (nviSetting is OXFF) and (nviLuxLevel is HIGH) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is OFF) .
9- If (nviOccupan is OFF) and (nviSetting is OXFF) and (nviLuxLevel is NORMAL) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is OFF) .

10-If (nviOccupan is OFF) and (nviSetting is OXFF) and (nviLuxLevel is HIGH) and (nviManOverride is OXFF)then (nvoLampValue is OFF) .
11-(nviManOverride is ON)then (nvoLampValue is Dimming) .
12-(nviManOverride is OFF)then (nvoLampValue is OFF) .

يبين الشكل (٤-١٨) حالات مختلفة من قواعد تحكم المنطق العائم.



الشكل (٤-١٨): سطح قواعد متحكم المنطق العائم لنظام الإنارة.

نلاحظ من الشكل (٤-١٨) التنسيق بين مستوى الإضاءة النهارية والمشغولية ومستوى الإنارة وهذا التنسيق ميسر جداً في متحكمات المنطق العائم باستخدام بوابات منطقية (بوابة AND) للتحكم بإنارة مناطق صغيرة المساحة ضمن مكاتب مفتوحة وواسعة يعمل فيها عدد من الموظفين مع إمكانية تغيير معايير هذه النقاط المرجعية للدخل والخرج.

دلت التجارب التي أجريت على مجموعة مكاتب في المجمع البلدي بحلب أنه باستخدام متحكم الإنارة المتكامل في المباني المكتبية يتم توفير طاقة كهربائية 50-62% في المكاتب الواقعة عكس اتجاه حركة الشمس أثناء الدوام اليومي وتصل 73-90% في المكاتب الواقعة بجهة حركة الشمس، أي بتكامل التحكم بالإنارة ترتفع نسبة التوفير في الطاقة المستهلكة بحوالي 10% .

٤–٥ النتائج والمناقشة:

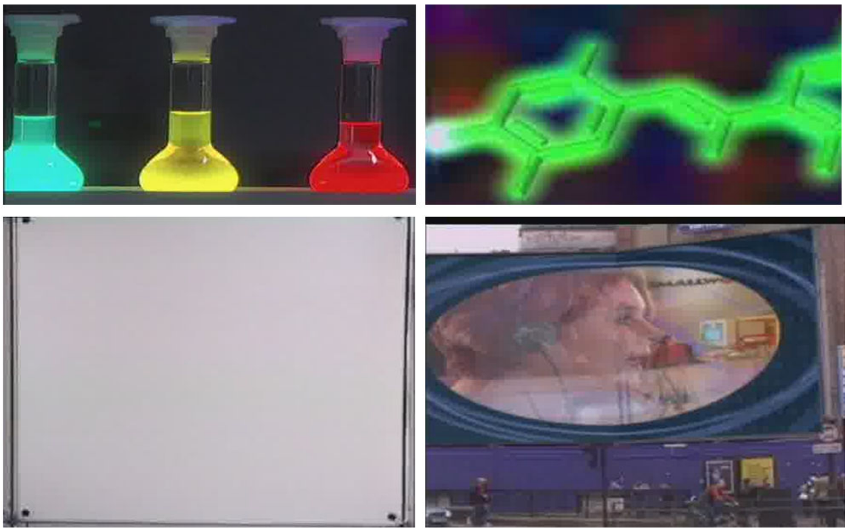
١. أجرينا من خلال البحث نمذجة التحكم بالإنارة الداخلية باستخدام التحكم المنطقي العائم واعتماد بارامتري شدة الإنارة والمشغولية كمداخل أساسية للمتحكم المنطقي العائم.
٢. تبين من خلال نمذجة ومحاكاة منظومة التحكم بالإنارة الداخلية باستخدام التحكم المنطقي العائم أن عاملي الإضاءة النهارية والمشغولية يلعبان دوراً أساسياً في الإقلال من استهلاك الطاقة الكهربائية وتأمين الراحة للشاغلين وتلوث البيئة.
٣. دلت التجارب التي أجريت على مجموعة مكاتب في المجمع البلدي بحلب أنه باستخدام متحكم الإنارة المتكامل في المباني المكتبية يتم توفير طاقة كهربائية %62-50 في المكاتب الواقعة عكس اتجاه حركة الشمس أثناء الدوام اليومي وتصل %90-73 في المكاتب الواقعة بجهة حركة الشمس، أي بتكامل التحكم بالإنارة ترتفع نسبة التوفير في الطاقة المستهلكة بحوالي %10 .
٤. أكد البحث على أن استبدال أجهزة الإنارة المركبة حالياً بأجهزة قابلة للتحكم تعطي توفيراً هاماً في الطاقة الكهربائية.

إيجابيات: نستنتج مما سبق أن زمن تشغيل أجهزة الإنارة، مما يؤدي إلى انخفاض في تكاليف الصيانة وزيادة في عمر التجهيزات، وكذلك تنخفض الحرارة المنبعثة نتيجة تشغيل أجهزة الإنارة (مصابيح مختلفة الأنواع، محولات) وهذا ينعكس إيجاباً على استهلاك الطاقة في أجهزة تكييف المكان، وكذلك تنخفض كمية غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن تسخين المصابيح والمحولات مما يؤدي إلى بيئة أكثر نظافة.

سلبيات: يظهر البحث أن التكلفة التأسيسية للتجهيزات الحديثة سوف ترتفع بنسبة تصل إلى %30 مما يبقي على هذه العقبة قائمة التي تحد من انتشار هذه التقنية.

٤–٦ التوصيات:

١. تركيب نظام أتمتة المبنى BAS في المبنى باستخدام متحكمات المنطق العائم والمقترح في البحث بدلاً عن المتحكمات الكلاسيكية الحالية.
٢. استبدال ستائر النوافذ المركبة حالياً بستائر قابلة للتحكم بكمية ضوء الشمس الداخل إلى المكتب.
٣. تركيب أجهزة (أنابيب) لتوصيل نور الشمس إلى طوابق الخدمات ومواقف العربات.
٤. استبدال كافة أجهزة الإنارة الحالية بأجهزة إنارة تستخدم لمبات توفير طاقة أو ليدات عضوية Organic Light Emitting Diode (OLED) (الشكل ٤–١٩).



الشكل (٤-١٩): حبابات OLED واستخداماتها.

إن حبابات المصابيح المتوهجة تحول 10% فقط من الطاقة الواردة إليها إلى نور، أما حبابات OLED فتحول كامل الطاقة إلى نور، فيجب الأخذ بالاعتبار تركيب نظام حبابات OLED عند وضع التصاميم الإنشائية الحديثة فهذا النظام يعتبر نظام الإنارة في المستقبل دون منازع.

تنشر حبابات OLED نورها بشكل متساوٍ على سطح الحبابة بأكمله، ويتألف نظام الإنارة الجديد من طبقات من مواد كيميائية خاصة يقل سمكها عن شعرة الإنسان بألف مرة مما يجعلها تفتح عالماً جديداً من إمكانيات استخدام الصمات الثنائية.

إن هذه التقنية ستقلب أوضاع السوق رأساً على عقب، فلو جرى استبدال نصف المصابيح المستخدمة اليوم بحبابات OLED حتى عام 2025 م فسيوفر ذلك 75 مليار يورو و350 ميغا بوند من CO_2 سنوياً مما يعتبر مساهمة هائلة في فاعلية الطاقة وحماية البيئة.

وبإدخال تقانات التحكم المنطقي العائم سوف يستفاد من سماتها السابقة في التحكم بالإنارة مما يزيد من عمر هذه التجهيزات الحديثة وبالتالي التقليل من كلفة الصيانة والاستبدال، مع المحافظة على الراحة البصرية للشاغلين.

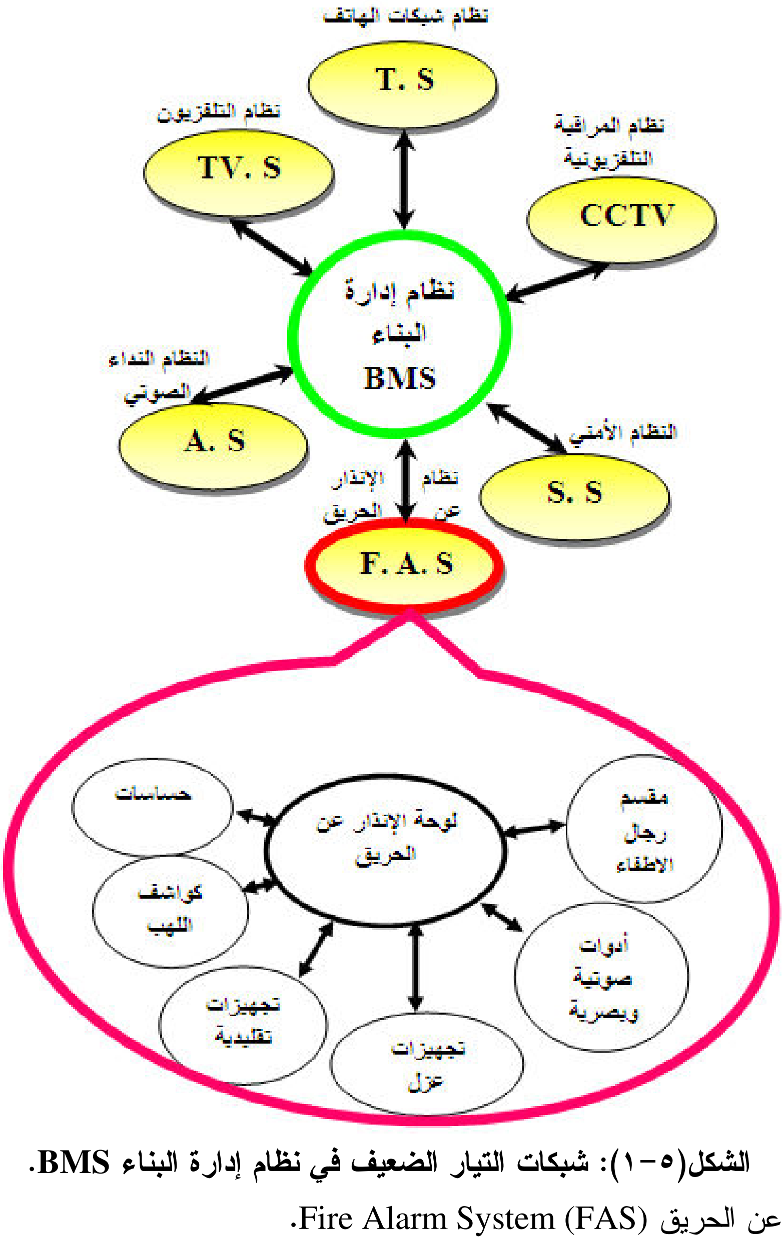
الفصل الخامس

دراسة وتطوير نظام الإنذار عن الحريق.

Study and Development Fire Alarm System

٥-١ مقدمة:

تعتبر شبكة الإنذار عن الحريق إحدى شبكات التيار الضعيف في نظام إدارة البناء (الشكل ٥-١) [28]:



الشكل(٥-١): شبكات التيار الضعيف في نظام إدارة البناء BMS.

١. شبكة الإنذار عن الحريق Fire Alarm System (FAS).

٢. شبكة المراقبة التلفزيونية Closed Circuit TV Systems (CCTV).

٣. شبكة النظام الأمني Security System (S.S).

٤. شبكة التلفزيون Television System (TV.S).

٥. شبكة النداء الصوتي Audio System (A. S).

٦. شبكة الهاتف Telephone System (T.S).

سوف نقتصر على دراسة نظام الإنذار عن الحريق Fire Alarm System (FAS).

إن إنقاذ الأرواح هو الاعتبار الأول عند وقوع الحريق داخل المباني، ولذا يتطلب الأمر إعلام وإنذار الأشخاص الموجودين داخل المبنى بمجرد وقوع الحريق حتى يستطيعون مغادرته قبل أن تمتد النيران وتنتشر ويتعذر عليهم الهروب، وذلك يتعين وجود وسيلة إعلان وإخطار عن الحريق داخل المباني تكفل إنذار الموجودين بوقوع الحريق، فالغرض الرئيس من هذه الأنظمة هو سرعة الاستجابة إلى الحريق ثم تحويل هذه الاستجابة المبكرة إلى إشارة سمعية ومرئية لتنبيه فرد أو مجموعة الأفراد الموجودة في المبنى أو المكان أو مركز الإغاثة أو الإطفاء أن هناك حريق في مراحله المبكرة ويعتبر الإنسان أعظم كاشف حريق على وجه الأرض لما حباه الله من حواس السمع - اللمس – الشم – التذوق – الرؤية بالإضافة إلى العقل. وهى مجموعة الحواس التي لا يمكن أن تجتمع في أي كاشف، إلا أن الإنسان في حركة دائمة وقد لا يتصادف وجوده في مكان الحريق أو يكون مريضاً أو نائماً أو في حالة عقلية لا تسمح له بكشف الحريق. وبطبيعة الحال لا تستطيع كواشف الحريق تمييز سبب الحريق أو تقييم مدى شدته وبالتالي قد تتسبب الإنذارات الكاذبة لهذه الكواشف إلى بعض المشاكل التي في الواقع لا تعبر عن خطأ من الكشف بل قد ترجع إلى اختيار أنواع من الكواشف غير المناسبة أو للتوزيع العشوائي لهما بدون دراسة، هذا وقد اتفق على أن الإشارة السمعية لمنظومة كشف الحريق يجب أن تكون أعلى من مستوى الصوت السائد بالمنطقة بمقدار (١٥) ديسيبل، علاوة على ضرورة أن تكون هذه الكواشف مصممة طبقاً للمعايير القياسية العالمية ومختبرة تحت إشراف معامل اختبار معروفة، وقد شكلت ثورة الذكاء الصنعي قفزة نوعية في معالجة معطيات الحساسات [29,30].

تقوم أجهزة الإنذار بتوفير خدمات أخرى متعددة علاوة على وظيفتها الأصلية يمكن تلخيصها فيما يلي:

-إيقاف أنظمة التهوية أو التسخين وتكييف الهواء للتحكم في الدخان.

-إغلاق نوافذ دخان الحريق (Dampers).

-إعادة المصاعد إلى الطابق الأرضي تلقائياً.

-تشغيل نظام الإطفاء.

-إبلاغ مركز الإطفاء.

٥-٢ مراحل الحريق:

تتميز معظم الحرائق بمراحل أربعة هي:

-المرحلة الابتدائية PRELMINARY STAGE .

-المرحلة الدخانية SMOKING STAGE .

-مرحلة اللهب FLAME STAGE .

-مرحلة الحرارة HEAT STAGE .

❖ **المرحلة الابتدائية :**

تخلو هذه المرحلة من مشاهدة الدخان أو اللهب حتى الإحساس بالحرارة ولكن ما يحدث في هذه المرحلة هو توليد كمية من جسيمات الاحتراق نتيجة عمليه التحليل الكيميائي، وهى أجسام لها حجم ووزن ولكن يصعب رؤيتها بالعين المجردة لصغر حجمها المتناهي وقد تنمو سريعاً هذه المرحلة أو ببطيء خلال فترة زمنية قد لا تتعدى دقائق معدودة وتستجيب كواشف التأيين لهذه المرحلة.

❖ **المرحلة الدخانية:**

مع استمرار تطور الحريق تتزايد كمية جسيمات الاحتراق إلى الحد الذي يمكن فيه رؤيتها بالعين المجردة وهو ما يطلق عليه في هذه الحالة (الدخان) ولكن حتى هذه المرحلة لا يلاحظ أي لهب أو حرارة ، وتستجيب الكواشف الكهروضوئية لهذه المرحلة.

❖ **مرحلة اللهب:**

مع تطور ونمو الحريق أكثر وأكثر يصل إلى نقطة الاشتعال وظهور اللهب وفى هذه المرحلة يتزايد تصاعد الأدخنة والإحساس بالحرارة ، وتستجيب الكواشف تحت الحمراء لهذه المرحلة.

❖ **مرحلة الحرارة:**

في هذه المرحلة تتكون كمية كبيرة من الحرارة واللهب والدخان والغازات السامة وتتميز هذه المرحلة بتطورها السريع جداً والذي لا يستغرق أكثر من ثوان معدودة علاوة على أن انتقال مرحلة اللهب وتحولها إلى مرحلة حرارة يتم عادة بسرعة كبيرة، وتستجيب كواشف الحرارة لهذه المرحلة [31].

٥-٣ أنواع أنظمة الإنذار عن الحريق الحالية:

وتقسم أنظمة ومعدات إنذار الحريق إلى الأنواع الرئيسية التالية :

أولاً :أنظمة الإنذار عن الحريق اليدوية.

ثانياً :أنظمة الإنذار عن الحريق التلقائية .

٥-٣-١ نظام الإنذار اليدوي.

يرتكز عمل هذا النظام بشكل أساسي بقيام الشخص بالضغط على زر الإنذار، ــ غالباً يتم توزيع الضواغط الزجاجية في كافة مكونات المبنى ــ يتم تشغيل جهاز الإنذار بكسر الغطاء الزجاجي، ويتم إرسال الإشارة إلى

لوحة التحكم، وينبغي أن يتم تغذية تركيبات أجهزة الإنذار بتيار كهربائي ثانوي خلاف التيار الكهربائي الرئيسي حتى يتمكن استعمال هذه الأجهزة في حالة انقطاع التيار الأصلي. ويجب أن تكون اللوحة التوضيحية أو الخريطة الموضح عليها مواقع أجهزة الإنذار الموزعة داخل المبنى موجودة بجوار المدخل الرئيس، حتى يسهل تحديد مكان أجهزة الإنذار عن الحريق، ويستحسن وجود لوحة أخرى بحجرة الهاتف الرئيسة أو غرفة الأمن والحراسة.

ومن الأجهزة اليدوية الأخرى للإنذار (أجهزة الإنذار الهاتفية – مكبرات الصوت – الإشارات الضوئية).

٥-٣-٢ نظام الإنذار الاتوماتيكي (التلقائي) الحالية.

وتعمل هذه الأنظمة بالتأثر بظواهر الحريق فمنها ما يتأثر باللهب أو الدخان أو الحرارة أو كل أثنين معاً، وتتميز أجهزة الإنذار الاتوماتيكية عن الأجهزة اليدوية بكونها لا تعتمد على الإنسان في تشغيلها، وكذلك اختصار الفترة الزمنية الواقعة بين لحظة وقوع الحريق ولحظة اكتشافه، مما يفسح المجال أمام سرعة التدخل وفعالية عمليات المكافحة والسيطرة على الحريق وبالتالي تقليل حجم الخسائر الناجمة عنه [32].



الشكل (٥-٢): تجهيزات نظام الإنذار عن الحريق التلقائي.

الأجزاء التي يتكون منها نظام الإنذار التلقائي هي:

١. لوحة توضيحية Visual Indicating Panels.

عادة يتم تركيبها في مكان مناسب توافق عليه سلطة الإطفاء المختصة، وهذه اللوحة:

أ- تقوم بالتحكم في النظام وتغذيته بالجهود اللازمة ومراقبة عمله حيث يصل إليها الإنذار من الكاشفات وتقوم بتشغيل الأجراس ولمبات البيان.

ب- تعطي إنذار صوتي وضوئي عند حدوث الحريق مع تحديد منطقة حدوثه.

ج- تعمل بالتيار الكهربائي للمدينة (220 فولت 50 هرتز) ومزودة ببطاريات احتياطية تعمل آلياً في حالة انقطاع التيار الكهربائي وبها جهاز شحن يقوم بشحن البطاريات عند عوده التيار.

د- مزودة بإمكانية الاختبار الذاتي وتقوم بإعطاء إشارة إنذار صوتي في حالة حدوث عطل في اللوحة أو في أي جزء من مكونات النظام (إنذار كاذب) أو في حالة انقطاع التيار الكهربائي أو فصل البطاريات.

ه- مزودة بمفتاح لإعطاء إنذار عام لإخلاء الموقع.

و- مزودة بمجموعة لواقط (حواكم) وذلك لإيقاف أجهزة التكييف وفصل التيار الكهربائي.

٢. كواشف نواتج الاحتراق Detectors :

تم تصميم نظام تشغيل هذه الكواشف لكي تعمل عند قيامها بكشف أحد النواتج الرئيسية الأربعة للاحتراق وهي [30, 33]:

أ – كواشف الغازات المتأينة (نواتج الاحتراق غير المرئية)

Ionized Gases Detectors (Invisible Products Of Combustion).

تعتبر ظاهرة النار هي ما يحدث من تأين للجزئيات عند خضوعها للاحتراق، وهذه الجزئيات مختلة التوازن في الإلكترون مما يجعلها تميل لجذب إلكترونات من جزئيات أخرى، وتستخدم كواشف الغازات المتأينة هذه الظاهرة في تشغيل هذا النوع من الكواشف.

يوجد في الكاشف حجرة استشعار مزودة بفتحة صغيرة لدخول الهواء الموجود في الغرفة أو المكان المطلوب حمايته، ويوجد بجوار فتحة الحجرة من الداخل كمية صغيرة من مادة مشعة تعمل على تأين هواء حجرة الكاشف، كما يوجد داخل الكاشف أيضا صفيحتين كهربائيتين أحدهما موجبة الشحنة والأخرى سالبة، والصفيحة السالبة على مسافة أقرب لمصدر المادة المشعة، حيث تعمل الجسيمات المتأينه بفعل المادة المشعة على تحرير إلكترون يرتحل إلى الصفيحة الموجبة مما يسبب مرور تيار كهربائي بين الصفيحتين بصورة مستمرة، وعند حدوث حريق ودخول منتجات الحريق المتأينة بفعل النار داخل حجرة الكاشف، وحيث أنها مختلة التوازن (أي تحتاج لإلكترونات) فتعمل على التقاط الإلكترونات المارة بين الصفيحتين (اللتان تعملان على تمرير التيار) مما يؤدى إلى توقف التيار المار وإطلاق الإنذار.

ب – كواشف الدخان (نواتج الاحتراق المرئية)

Smoke Detectors (Visible-Products – Of – Composition).

يتم تصنيع كواشف الدخان باستخدام خلية كهروضوئية مقرونة بمصدر ضوء معين، وهذه الخلية عبارة عن قرص مسطح يحول الضوء المسلط عليه إلى تيار كهربائي، وهذه الخلية تستخدم بطريقتين لكشف الدخان:

الأولى : باستعمال الشعاع Beam .

والثانية : بالاعتماد على مقاومة الشعاع Refractory وتشتيته.

وتعتمد طريقة الشعاع بتسليط شعاع ضوئي عبر المنطقة المطلوب حمايتها حتى يصل داخل الخلية الكهروضوئية، حيث أن هذه الخلية تعمل على تحويل هذا الشعاع إلى تيار كهربائي باستمرار (طالما مسلط عليها الشعاع)، ويستخدم هذا التيار للإبقاء على مفتاح الدارة الكهربائية مفتوحاً، وعند اعتراض الدخان مسار الشعاع الضوئي يتوقف التيار الكهربائي مما يؤدى إلى غلق الدارة وإطلاق الإنذار، وتعتمد طريقة مقاومة الشعاع على استخدام الخلية الضوئية بطريقة عكسية، حيث يتم إمرار شعاع ضوئي داخل حجرة صغيرة بحيث لا يسلط على أو يصطدم بالخلية الضوئية، وبالتالي لن يكون هناك تيار كهربائي نتيجة لذلك، أما مفتاح الدارة في هذا النوع فهو إليكتروني ويظل مفتوحاً طالما لا يوجد هناك تدفق للتيار الكهربائي، وعند دخول الدخان داخل الحجرة يعمل على تفريق وتشتيت الشعاع الضوئي بطريقة عشوائية مما يؤدى إلى سقوط جزء من الشعاع الضوئي المشتت على الخلية الضوئية ويتحول إلى تيار كهربائي يقفل المفتاح الإلكتروني وفيتم إطلاق الإنذار.

ج – كواشف الحرارة Heat Detectors :

تستخدم هذه الكواشف الحرارة الناتجة عن الاحتراق التي يتم كشفها باستخدام المبادئ الأولية الثلاثة لفيزياء الحرارة:

أولا : تعمل الحرارة على تمدد المواد.

ثانيا : تعمل الحرارة على صهر المواد.

ثالثا : يمكن كشف الخواص الكهروحرارية للمعدن الساخن.

وبالتالي فإن هناك ثلاثة مجموعات من الأجهزة تستخدم هذه المبادئ في كشف الحريق وهى أجهزة:

- درجة الحرارة الثابتة.
- معدل ارتفاع درجة الحرارة.
- خليط من درجة الحرارة الثابتة / معدل ارتفاع درجة الحرارة.

١) درجة الحرارة الثابتة Fixed Temperature :

يتم تصميم كواشف درجة الحرارة الثابتة لتعمل عند درجة حرارة معينة.

٢) كواشف معدل ارتفاع الحرارة Rate Of Rise Detectors :

تعتمد كواشف معدل الارتفاع على خواص التمدد للحرارة والاستثناء الرئيس كاشف معدل الارتفاع الكهروحراري.

٣) كواشف مجموعة (خليط) معدل الارتفاع ودرجة الحرارة الثابتة:

Combination Rate-Of-Rise Fixed Temperature Detectors

وتعمل هذه الكواشف طبقا للاسم الذي أطلق عليها على أساس معدل ارتفاع درجة الحرارة وفكرة الحرارة الثابتة وهذا يسمح ويتيح حساسية أكبر للكاشف.

د - الكواشف الضوئية Light Detectors :

يطلق على الكواشف الضوئية أيضا كواشف اللهب Flame Detectors ، وهناك نوعان رئيسيان من الكواشف الضوئية:

الأولى: تكشف الضوء الموجود في طيف الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet .

الثانية: تكشف الضوء الموجود في طيف الأشعة تحت الحمراء Infrared .

تعمل الكواشف فوق البنفسجية على كشف الضوء إليكترونياً بالنسبة لموجات الضوء القصير التي لا يمكن رؤيتها بالعين وعادة ما تكون هذه الموجات مصحوبة بلهب كثيف جداً.

والمشكلة بالنسبة لهذا النوع من الكواشف أن الأشعة فوق البنفسجية توجد في أشعة الشمس وأقواس اللحام مما يؤثر على الكاشف بإعطاء إنذارات كاذبة، لذلك يفضل استخدام هذا النوع في الأماكن التي لا تؤثر عليها البيئة الخارجية.

تعمل كواشف تحت الحمراء بكفاءة أكبر عند فصلها عن منابع مصادر الاشتعال مما يجعل استخدمها في مراقبة المساحات الكبيرة ذو فاعلية كبيرة، وتعمل الكواشف على إطلاق الإنذار عند تلقيها الأشعة تحت الحمراء [33].

٣. وسيلة مسموعة للإنذار Audible Warning Devices.

وهذه الوسائل تعطي أصواتاً مسموعة يمكن تمييزها مثل الجرس والصفارة والبوق، ويجب أن يكون صوت الإنذار واضحاً ومسموعاً داخل المبنى أو في الجزء المعين من المبنى المطلوب إطلاق صوت الإنذار به طبقاً لمقتضيات الحال، فقد يتطلب الأمر أن يكون الإنذار شاملاً داخل أنحاء المبنى، وقد يكون الإنذار المسموع الشامل غير مناسب في بعض الأماكن التي لها صفة خاصة مثل المستشفيات والمحلات التجارية الكبرى حيث يؤدي إطلاق الإنذار بداخلها إلى وقوع فزع بين الأشخاص المترددين بالمكان، ولذا يتطلب الأمر في مثل هذه الأماكن أن يكون صوت الإنذار مسموعاً فقط في غرفة المراقبة أو الحراسة ليسمعه المشرفون والمختصين فقط، وتركب في مثل هذه الأحوال وسائل إنذار ضوئية تعطي إشارات معينة حتى يعلم جميع المشتغلين بالمكان بوقوع الحريق ليقوم كل منهم باتخاذ الإجراءات المعلومة له والخاصة بأعمال المكافحة أو إخلاء المبنى بطريقة منظمة.

٤. وسيلة لاستدعاء رجال الإطفاء المختصين.

لا يؤدي نظام الإنذار التلقائي الغرض المخصص من أجله إلا إذا تم إخطار رجال الإطفاء بالسرعة المطلوبة حتى يمكنهم مكافحة الحريق ومحاصرته، ويتم ذلك بتركيب خط مباشر بين اللوحة التوضيحية وغرفة المراقبة بإدارة الدفاع المدني والحريق، حيث يتم الإخطار تلقائياً بمجرد اشتغال نظام الإنذار.

٥. الأسلاك والتوصيلات الأخرى الخاصة بالنظام

ينبغي أن تكون جميع الأسلاك الخاصة بتركيبات نظام الإنذار مطابقة للمواصفات ومعتمدة من الجهة الفنية الرسمية، كما أنه من الضروري أن يعتمد تشغيل نظام الإنذار على موردين كهربائيين أحدهما التيار الرئيس الخاص بالمبنى والآخر ثانوي (بطاريات) يستعمل في حالة انقطاع التيار الرئيس وذلك لضمان قيام نظام الإنذار بوظيفته في كافة الظروف [34].

٥-٣-٣ أنظمة المقارنة التحليليةAnalog Systems .

في هذا النظام يتم تبادل الإشارات بين لوحة التحكم والكواشف لبيان درجات تغير الحالة في المنطقة المحمية ويقوم البرنامج بتحليل هذه البيانات بصفه مستمرة لتحديد ما إذا كان الوضع طبيعي أم أن هناك أمر غير عادى وهذا النظام يعتمد على الكواشف المعنونة.

٥-٤ نظام الإنذار عن الحريق في المجمع البلدي بحلب.

تم تصميم مخططات نظام الإنذار عن الحريق وفقاً للبنية الهندسية للمبنى مع مراعاة توزع الفراغات والمكاتب ووظيفة الأماكن حيث ركبت حساسات حرارية – دخانية في الأماكن التي تتطلب ذلك وحرارية فقط في أماكن أخرى.

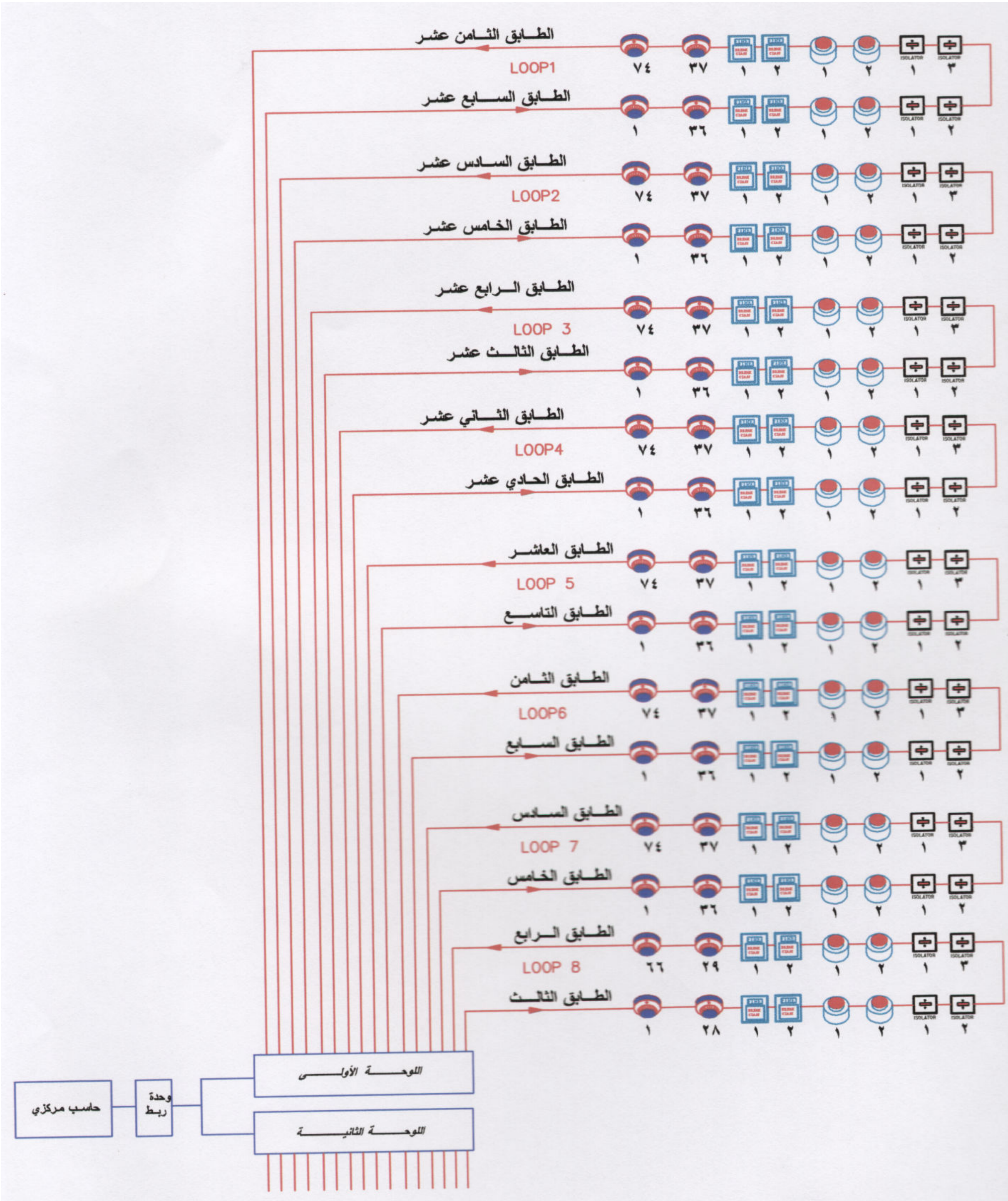
٥-٤-١ مخططات التوصيل:

تم توزيع الحساسات وكبسات الإنذار اليدوي والأبواق والعوازل كما هو مبين على كل شكل وفقاً للجدول(٥-١):

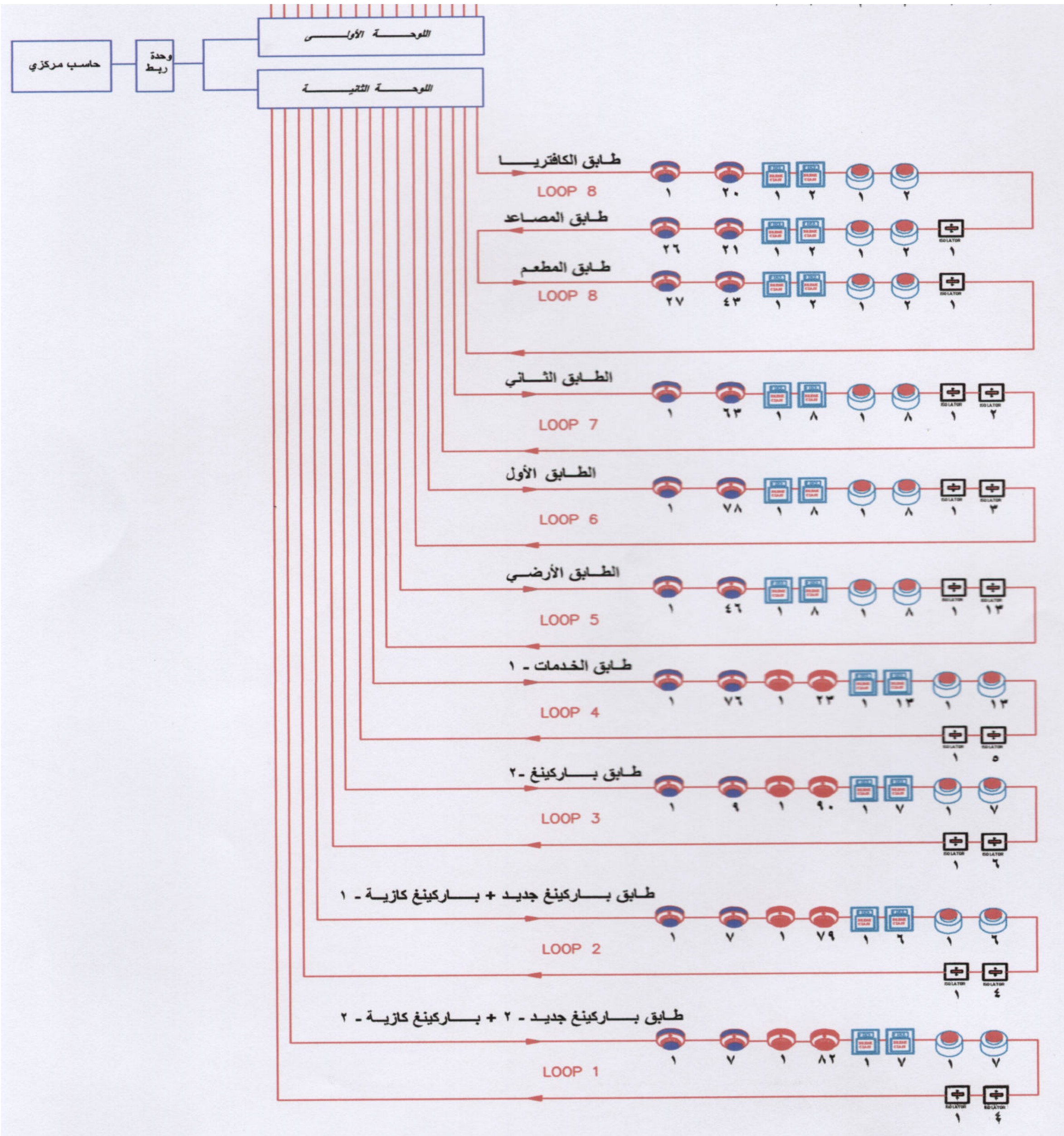
الجدول(٥-١): توزع تجهيزات نظام الإنذار عن الحريق في المجمع البلدي بحلب.

اللوحة	الحلقة	الطابق	كاشف متعدد الأغراض	كاشف حراري	كبسة يدوية	منبه صوتي	عازل
[illegible]	الأولى	الثامن عشر	38	-	2	2	3
		السابع عشر	36	-	2	2	2
	الثانية	السادس عشر	38	-	2	2	3
		الخامس عشر	36	-	2	2	2
	الثالثة	الرابع عشر	38	-	2	2	3
		الثالث عشر	36	-	2	2	2
	الرابعة	الثاني عشر	38	-	2	2	3
		الحادي عشر	36	-	2	2	2
	الخامسة	العاشر	38	-	2	2	3
		التاسع	36	-	2	2	2
	السادسة	الثامن	38	-	2	2	3
		السابع	36	-	2	2	2
	السابعة	السادس	38	-	2	2	3
		الخامس	36	-	2	2	2
	الثامنة	الرابع	38	-	2	2	3
		الثالث	28	-	2	2	2
[illegible]	الأولى	المرآب الجديد -٢ ، مرآب المحطة-٢	7	82	7	7	4
	الثانية	المرآب الجديد، مرآب المحطة -١	7	79	6	6	4
	الثالثة	المرآب -٢	9	90	7	7	6
	الرابعة	الخدمات -١	76	23	13	13	5
	الخامسة	الأرضي	46	-	8	8	13
	السادسة	الأول	78	-	8	8	3
	السابعة	الثاني	63	-	8	8	2
	الثامنة	المطعم	17	-	2	2	1
		المصاعد	6	-	2	2	1
		الكافتيريا	20	-	2	2	-
المجمـــــوع			913	274	95	95	79

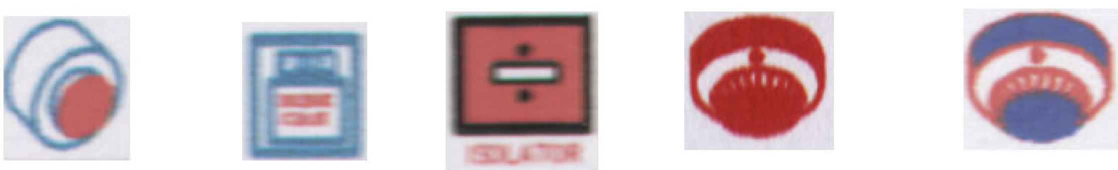
وزعت مخططات التوصيل إلى قسمين: رئيس (8 حلقات) (الشكل٥-٣)، وفرعي (8 حلقات)، وهذا ناتج عن ضخامة المبنى واتساع المساحات وتعدد المكاتب (الشكل ٥-٤).



الشكل(٥-٣): حلقات نظام الإنذار عن الحريق المرتبطة مع اللوحة الرئيسة(Master).



الشكل(٥-٤): حلقات نظام الإنذار عن الحريق المرتبطة مع اللوحة الفرعية(Slave).



حساس حراري – دخاني. حساس حراري. وحدة عزل. كبسة التشغيل اليدوي المنبه الصوتي.

٥-٤-٢ اختيار تجهيزات النظام:

هناك العديد من الشركات تنتج تجهيزات نظام الإنذار عن الحريق منها: Alson Control Inc, Fire Alarms, Safety Technology, FENWAL Protection Systems Home, Fire-Lite Alarms, Safety Technology International, NoteFier. حيث تم اختيار NoteFier لتناسبها في العمل في منطقة الشرق الأوسط وتوفر مصادر تجهيزاتها، والأهم من ذلك إمكانية وصلها إلى نظام أتمتة البناء وإمكانية تشغيلها بأحد البرتوكولين الأكثر انتشاراً BACnet, LONWORKS وإمكانية التحكم والمراقبة عبر شبكة الأنترنيت.

٥-٤-٣ مكونات المنظومة:

١- **الحاسب المركزي** Computer عدد ١/ / . (الشكل٥-٥):

وهو عبارة عن حاسب شخصي مزود ببطاقة تعريف يمكن من خلاله استعراض وضع كافة التجهيزات المكونة للنظام وتبيان حالتها، ويمكن ربطه مع نظام الـــ BMS عند تركيبه في المجمع البلدي.



الشكل(٥-٥): الحاسب المركزي المرتبط مع BMS .

٢- **وحدة الربط** Terminal Unitعدد /١/: تقوم بمهمة ملائمة وربط الحاسب مع وحدتي المقسم الرئيس والفرعي (Master & Slave).

٣- **المقسم** Central Unit عدد /٢/. (الشكل٥-٦):

الأول: الرئيس أو السيد (Master) ويخص كافة التجهيزات المركبة ضمن برج المبنى من حساسات وكباسات وأبواق إنذار ووحدات عزل.

الثاني: الفرعي أو الخادم (Slave) ويخص كافة التجهيزات المركبة ضمن الطوابق التالية:



الشكل(٥-٦): الوحدة المركزية(المقسم).

الأرضي والأول والثاني والثالث وطابق الكافيتريا وطابق المصاعد وطابق المطعم وطابق الخدمات وطابق المرآب-٢ وطابق المرآب الجديد ومرآب محطة الوقود١ ومرآب محطة الوقود٢ وطابق المرآب الجديد٢.

يتألف كلاً من اللوحة الرئيسة Master واللوحة الفرعية Slave من قسمين:

لوحة التحكم (العلوية)، ولوحة المؤشرات الضوئية(السفلية).

واجهة لوحة التحكم (العلوية) (الشكل٥-٧) (الجدول ٥-٢):



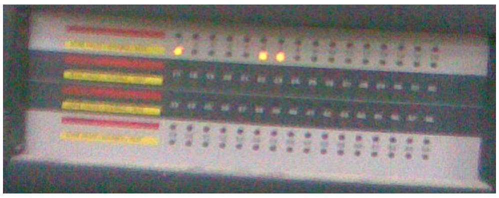
الشكل(٥-٧): واجهة لوحة التحكم (العلوية).

الجدول (٥-٢): وظائف مؤشرات ومفاتيح التحكم الغشائية لواجهة لوحة التحكم

مؤشرات الحالة	مفاتيح التحكم الغشائية (لمس)
• حريق FIRE. • عطل FAULT. • إنذار أولي PRE-ALARM. • عطل في النظام SYSTEM FAULT. • عطل أو عزل في الأبواق SOUNDER FAULT/DISABLED. • خرج حاكمة الحريق معزول أو معطل FIRE O/P FAULT/DISABLED. • خرج حاكمة الحريق فعال FIRE O/P ACTIVE. • عزل DISABLEMENT. • اختبار TEST. • وجود تغذية POWER. • نمط يومي DAY MODE. • التأخيرات الزمنية فعال DELAYS ACTIVE. • حالة إنذار (لا حريق) فعالة NON-FIRE ACTIVE.	• إسكات المنبه الداخلي في اللوحة MUTE BUZZER. • تمديد فترة التأخير الزمني للتحكم EXTEND DELAY. • إنهاء التأخير الزمني/إخلاء END DELAY / EVACUATE. • إسكات أو إعادة تشغيل الأبواق SILENCE/RESUOND. • تصفير (إعادة تشغيل النظام) RESET. • نمط يومي DAY MODE. • حاكمة الخرج في حالة الحريق معزولة FIRE O/P DISABLE. • تبديل الأعمدة CHANGE TABS. • المناطق في حالة إنذار ZONES IN ALARM.

واجهة لوحة المؤشرات الضوئية (السفلية) (الشكل٥-٨):

مرقمة من الرقم (1) وحتى الرقم (64) تساعد على معرفة مكان العطل أو الحريق، ومرتبة بالشكل التالي:



الشكل(٥-٨): واجهة لوحة المؤشرات الضوئية (السفلية)

اللوحة الرئيسة Master:

وتضم الطوابق المتكررة في البرج من الطابق الثالث وحتى الطابق الثامن عشر، موزعة على الشكل التالي:

- الطابق الثالث المؤشر الضوئي رقم(15) Z(15)
- الطابق الرابع المؤشر الضوئي رقم(16) Z(16)
-

.

.

- الطابق الثالث المؤشر الضوئي رقم(30) Z(30)

اللوحة الفرعية Slave:

موزعة على الشكل التالي:

- طابق المرآب الجديد والمرآب تحت محطة الوقود-١ المؤشر الضوئي رقم(1) Z(1)
- طابق المرآب الجديد والمرآب تحت محطة الوقود-٢ المؤشر الضوئي رقم(2) Z(2)
- طابق المرآب -٢ المؤشر الضوئي رقم(3) Z(3)
- طابق الخدمات -١ المؤشر الضوئي رقم(4) Z(4)
- طابق الكافيتريا المؤشر الضوئي رقم(9) Z(9)

٤- الحساسات Sensors وهي نوعان:

- ✓ متعدد Multisensory (حراري + دخاني).
- ✓ دخاني فقط Smoke.

٥- كبسات On-Fire Units: تستخدم لإطلاق صافرات الإنذار يدوياً.

٦- صافرات الإنذار (الأبواق) Buzzers: تستخدم للتنبيه عن وجود حريق.

٧- وحدات العزل Insulating Units: تستخدم لعزل المناطق التي يحدث بها الحريق حتى لا يمتد الدخان إلى باقي المناطق أولاً، ثم طرد الدخان والغازات السامة بعد السيطرة على الحريق.

٨- كابلات التوصيل Cables.

٩- التغذية الاحتياطية (المدخرات الجافة) Batteries : وعددها أربعة لكل مقسم.

١٠- العنصر البشري (مراقب جهاز الإنذار): يقوم بتحديد موقع الحريق أو العطل، ويتخذ كافة تدابير التحقق اللازمة من لوحة الجهاز واستخدام المخططات وإعلام فوج الإطفاء هاتفياً والتأكد من معالجة الحالة وإعادة وضع الجهاز في الخدمة وتنظيم التقرير للمشرف وتسجيل الحالة ضمن السجل الخاص.

٥-٥ حقائق تتعلق بنظم الإنذار التلقائية الحالية:

١- ارتفاع الأسقف.

يعتبر أهم الاعتبارات التي تؤثر على حساسية نظام الإنذار، فالرؤوس المكشفة الخاصة بالنظام ذات حساسية تتأثر في الوقت المناسب إذا كانت الأسقف المركبة عليها الرؤوس المكشفة لا يتعدى ارتفاعها العشرة أمتار، فإذا تعدى ارتفاع السقف هذا الحد فإن ذلك يسبب بعض الصعوبات إذا ما أريد استعمال النظام التلقائي، ويحد من كشف الحريق.

٢- أجهزة التكييف.

أجهزة تجديد أو تكييف الهواء قد تؤثر على حساسية نظام الإنذار وتعطله إذ قد تعمل هذه الأجهزة على سحب الهواء المحمل بالحرارة والدخان المتصاعد من الحريق بعيداً عن الرؤوس المكشفة الحساسة فلا تؤثر على حساسية المكشفات. ولذلك ينصح بالمباني المركب بها أجهزة تجديد أو تبريد الهواء أن تزود المجاري الخاصة بمرور تيارات الهواء برؤوس مكشفة للدخان حتى يضمن الإعلان عن الحريق عندما يتعذر وصول الدخان أو الحرارة إلى الرؤوس الحساسة الموجودة بالأسقف.

٣- الأماكن التي تحوي أشياء ذات قيمة عالية.

لا تتناسب الرؤوس المكشفة الحرارية بالأماكن التي تحوي أدوات وأجهزة دقيقة ذات قيمة إذ أن أي احتراق بسيط في هذه الأجهزة قد يتسبب في خسائر فادحة وينصح في مثل هذه الأماكن تركيب رؤوس مكشفة للدخان إذ أنها أقوى حساسية.

٤- الإنذارات الكاذبة.

يحتمل أن يعطى النظام التلقائي إنذارات كاذبة تحت ظروف معينة ــ تختلف هذه الظروف باختلاف أنواع الرؤوس المكشفة، فمثلاً يمكن للرؤوس المكشفة للحرارة أن تحدث إنذار كاذب نتيجة لارتفاع في درجة حرارة المكان بالنسبة لوجود أجهزة حرارية للتدفئة أو لأغراض التصنيع أو لتعرض المكان لأشعة الشمس، ويمكن تفادي ذلك بالإقلال من حساسية الرؤوس حتى لا تتأثر بالارتفاع المنتظر لدرجة الحرارة المحتمل وقوعه بالمكان، وفي حالة الرؤوس المكشفة للدخان فقد يحدث الإنذار الكاذب نتيجة تصاعد الدخان أو الأبخرة أو الأتربة نتيجة للنشاط العادي داخل المبنى ، ويمكن تفادي ذلك بتركيب رؤوس مكشفة للدخان أقل حساسية بحيث لا تتأثر بالمؤثرات الناتجة من التشغيل العادي [35].

٥- التحقق من حدوث حريق.

يتم التحقق من حدوث حريق بشكل تقليدي حيث يذهب العنصر البشري إلى المكان المشار إليه بحدوث حريق ليتأكد ثم يعلم الجهات المختصة، مما يؤدي إلى ضياع وقت كبير للبدء باتخاذ الإجراءات اللازمة لإخماد الحريق.

ملاحظة: لقد تم إخلاء مبنى المجمع البلدي واستدعاء الإطفاء عدة مرات نتيجة إنذارات كاذبة عن وجود حريق، فقد تبين أن أسباب الإنذارات الكاذبة ناتج عن تدخين سيجارة مرة، ومرة عن ورود شعاع شمسي من إحدى الفتحات الضيقة إلى منطقة كشف الحساس، ومرات أخرى دون معرفة السبب. وحدث الحريق في المبنى مرتين دون أن يعطي النظام إنذاراً إلا بعد أن تفاقم الحريق.

٥-٦ تطوير نظام الإنذار عن الحريق:

أنظمة الرؤيا الحاسوبية:

يمكن استخدام أنظمة الرؤيا الحاسوبية كنوع من الحساسات متعددة الوظيفة، كالمراقبة الأمنية وتحسين مردود تجهيزات التكييف عن طريق مراقبة الأماكن المشغولة وغير المشغولة، والتحسس بمستوى كمية الإنارة والتحكم بها.

في بحثنا تم إدخال أنظمة الرؤيا الحاسوبية من أجل المساعدة في الكشف المبكر عن النار والدخان

٥-٦-١ ربط نظام الإنذار عن الحريق مع BMS:

تم تنفيذ التوصيل باستخدام بروتوكول LONWORKS، حيث استفيد من سمات البرتوكول المذكور وهي:

- ✓ إمكانية عنونة كل حساس جهاز بمفرده (حساس، مشغل نافذة، عازل، ...ألخ)، وهذا يتيح إمكانية عمل كل حساس مع التجهيزات المرتبطة به عن طريق البرتوكول المذكور بشكل مستقل عن باقي التجهيزات.
- ✓ وثوقية المعلومة، حيث يرسل المعلومة مشفرة مع شيفرة خاصة، وعند استقبال الطرف الآخر للمعلومة يتم فك التشفير ويطابقها مع الشيفرة المرجعية، ففي حال صحتها يرسل إخبارية عن استقبالها صحيحة وإلا يعطي إخبارية عن خطأ.
- ✓ عزل المنطقة التي حدث فيها الحريق والتحكم بها بعد قدوم إشارة الإنذار عن الحريق من أي حساس في المنطقة، والإبقاء على باقي المناطق في حالة عمل.
- ✓ عند تعطل أي حساس من يمكن عزله مع الإبقاء على باقي الحساسات في حالة عمل.
- ✓ إمكانية ربط نظام الإنذار عن الحريق مع نظام الـــ BMS عند تركيبه في المبنى الملحق(٥-١)، الملحق(٥-٢).

٥-٦-٢ عقدة الإنذار (nvoAlarm):

تستخدم عقدة الإنذار مع محدد حالة الحريق على شبكة الـــ BMS لتحديد ما يلي:

١) رقم المنطقة (موقع العقدة).

٢) دلالات الإنذار (الجدول ٥-٣):

الجدول(٥-٣): حالات الإنذار في نظام BMS

نوع الإنذار	الوصف
AL_NO_CONDITION	حالة لا يوجد إنذار
AL_FIR_ALM	حالة إنذار
AL_FIR_PRE_ALM	حالة إنذار أولي
AL_FIR_TRBL	حالة عطل في الجهاز
AL_FIR_TEST_ALARM	الجهاز في حالة اختبار الإنذار
AL_FIR_TEST_PRE_ALM	الجهاز في حالة اختبار الإنذار أولي
AL_FIR_MAINT_ALERT	الجهاز في وضع صيانة
XFF AL_NUL	تصفير الجهاز

٥-٦-٣ البرمجة:

وضعت مجموعة من جداول قواعد المعطيات لأهم معطيات نظام إطفاء الحريق التي تعتمد العنونة على البرتوكول LONWORKS وهي مبينة في الملحق(٥-٣) (جداول قواعد معطيات منظومة إطفاء الحريق في المجمع البلدي).

٥-٧ ابتكار نظام إنذار عن الحريق باستخدام معالجة الصور وبالاعتماد على المنطق العائم في الكشف المبكر عن الحريق.

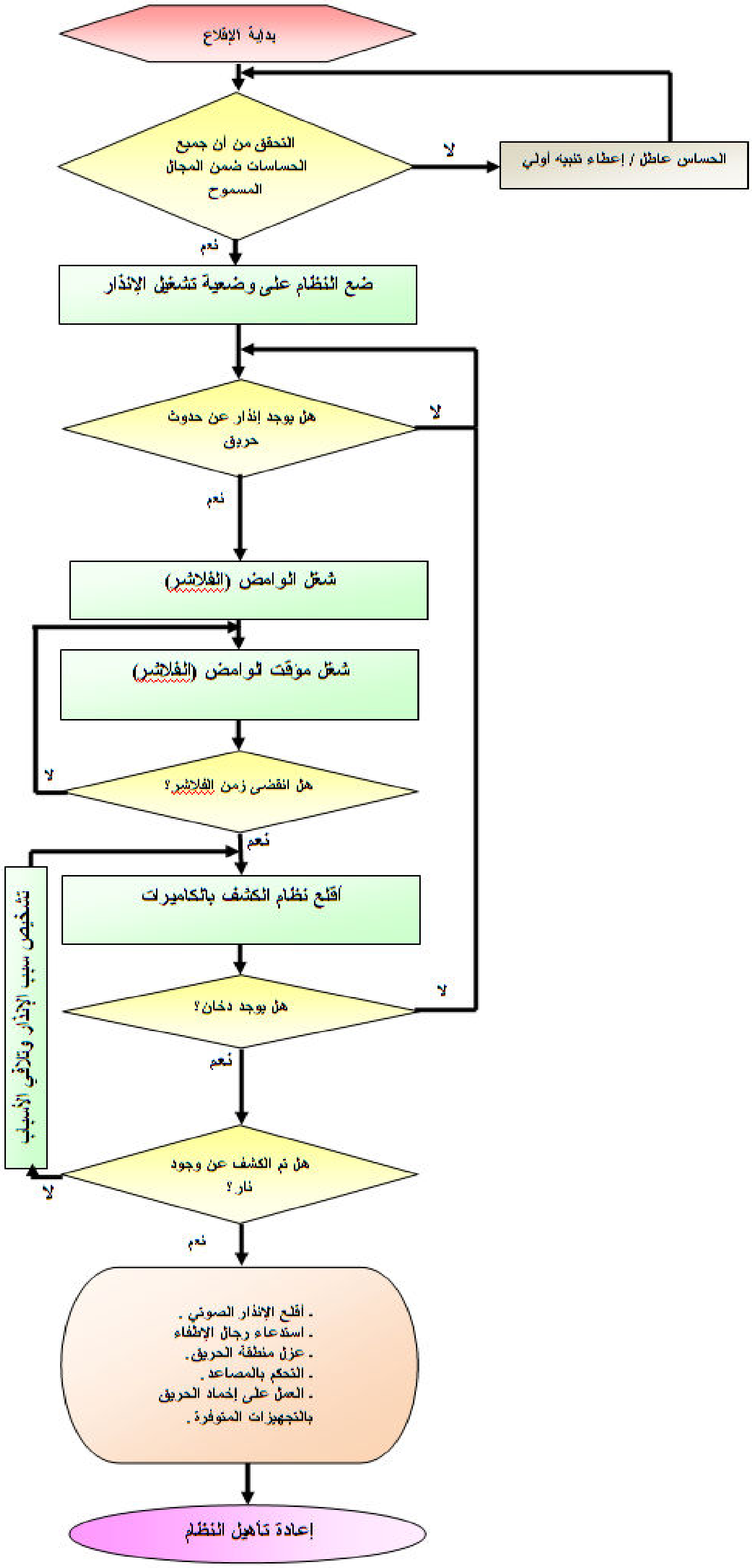
تبين نتيجة دراسة الإنذارات الكاذبة أن كواشف الحريق هي السبب الرئيس، لذلك قمنا في بحثنا باستخدام معالجة الصور بالاعتماد على المنطق العائم في الكشف المبكر عن الحريق مستفيدين من خصائص الحريق عند بدايته (لون الدخان ولون النار والتغير السريع في الشكل الهندسي لحركة الدخان والنار).

٥-٧-١ المخطط النهجي للكشف والإنذار عن الحريق باستخدام معالجة صور الكاميرات:

يبين الشكل (٥-٩) المخطط النهجي للكشف والإنذار عن الحريق بإضافة معالجة صور الكاميرات.

عند تشغيل النظام يتم التأكد من أن جميع الحساسات في حالة عمل، ثم وضع النظام على وضعية الإنذار التلقائي حيث يقوم النظام بالعمل وفقاً لخواصة المحددة.

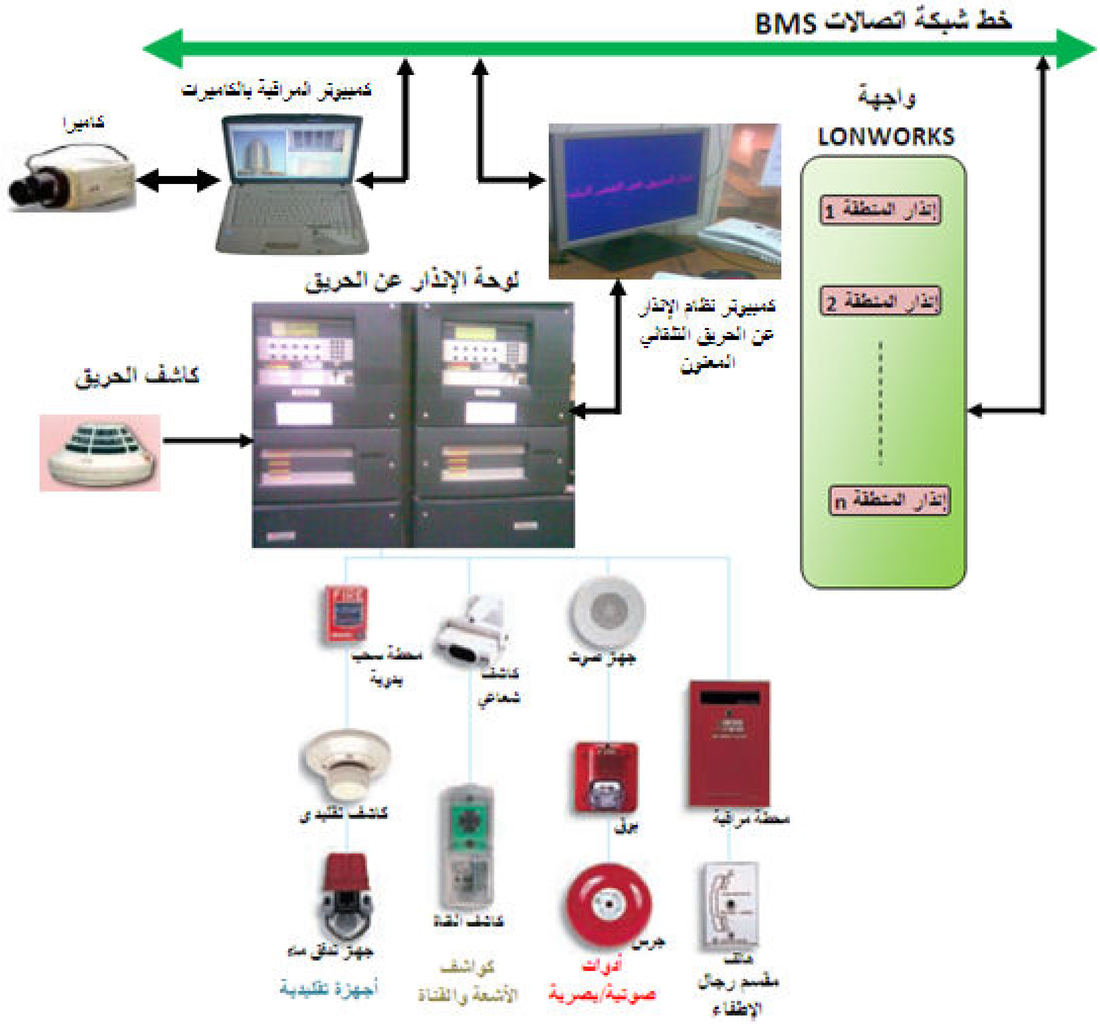
عند ورود إشارة من أحد حساسات الإنذار عن حدوث حريق يتم تشغيل الوامض (Flasher) وأحياناً يترافق مع تنبيه صوتي خفيف لتنبيه مراقب الإنذار عن حدوث حريق مع الإشارة إلى منطقة حدوث الحريق فإذا انقضى زمن تشغيل الوامض وهو في حالة عمل تعطى إشارة تشغيل لنظام الكشف بالكاميرات حيث يتم الكشف عن وجود دخان أولاً ثم الكشف عن وجود لهب نار للتأكد من حدوث الحريق.



الشكل (٥-٩): المخطط النهجي لمنظومة الإنذار عن الحريق باستخدام معالجة صور الكاميرات.

٥-٧-٢ مخطط ربط تجهيزات المراقبة والكشف بالكاميرات مع نظام الإنذار عن الحريق الأساسي:

قمنا بوضع كاميرات مراقبة في الأماكن الحساسة والهامة والأماكن التي تقل فاعلية حساسات كشف الحريق فيها، ثم تم توصيل الكاميرات إلى حاسوب شخصي حيث وضع برنامج لقيادة الكاميرات في الكشف عن الدخان وعن النار، ربط هذا الحاسوب إلى شبكة اتصالات BMS من أجل تبادل المعطيات مع الحاسوب الشخصي لنظام الإنذار عن الحريق الأساسي (الشكل ٥-١٠).



الشكل(٥-١٠): التجهيزات العامة لنظام الإنذار عن الحريق المقترح.

٥-٧-٣ النماذج اللونية للنار والدخان:

بغية توليد نموذج لوني للنار والدخان قمنا بتحليل الصور التي تحتوي عينات النار والدخان (الشكل ٥-١١) حيث أن الصورة (b) التقطت بعد 4 msec من التقاط الصورة (a).



a b

الشكل (٥-١١): شكل النار والدخان المدروسان.

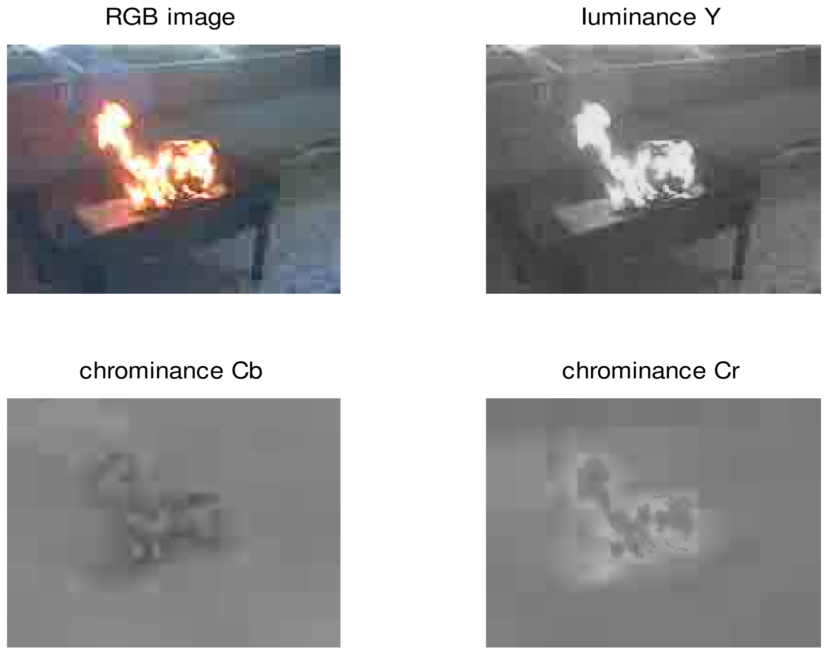
تم اختيار الفضاء اللوني *YCbCr* (يتضمن السطوع *Y* ويتضمن اللون الأزرق *(Cb)* والأحمر *(Cr)*) بسبب قدرته على فصل معلومات السطوع عن اللون بفاعلية أكثر من أي فضاء لوني آخر.

تصاغ قواعد المعرفة من أجل الفضاء اللوني *RGB* (الأحمر والأخضر والأزرق) بغية كشف بيكسلات (pixel) النار أو بيكسلات الدخان المحتملة يمكن نقلها إلى الفضاء اللوني *YCbCr* كما يمكن إجراء التحليل [37-36].

يمكن ترميز التعويم الضمني أو الارتياب في القواعد وعدم دقة متغير القرار في تمثيل عائم، وهذا يعطي طريقة لصياغة قرار الخرج ضمن مصطلحات لغوية ومن ثم إعطاء مقدار قرار خرج وحيد المعبر عنه كعدد بين الصفر والواحد الذي يحدد أن البيكسل المعطى بيكسل نار أو دخان.

٥-٧-٤ كشف النار:

ينفذ اختبار كشف النار باستخدام عينات الفضاء اللوني *YCbCr*، وقد لاحظنا أن عينات النار تملك بعض الخصائص المميزة في قنواتها اللونية *Y* و *Cb* و*Cr*. يبين الشكل(٥-١٢) صورة تحوي ناراً وقنواتها اللونية، كما يمكن ملاحظة البيكسيلات التي من المحتمل أن تكون نار والتي يكون فيها $Y(x,y) > Cb(x,y)$ حيث (x,y) تشير إلى الموقع الحيزي للبيكسل، لأن المعلومات المتعلقة بشدة النصوع من المتوقع بشكل طبيعي أن تسيطر من أجل أي بيكسل نار.



الشكل (٥-١٢): صورة الدخل RGB وقنالاتها Y و Cb و Cr

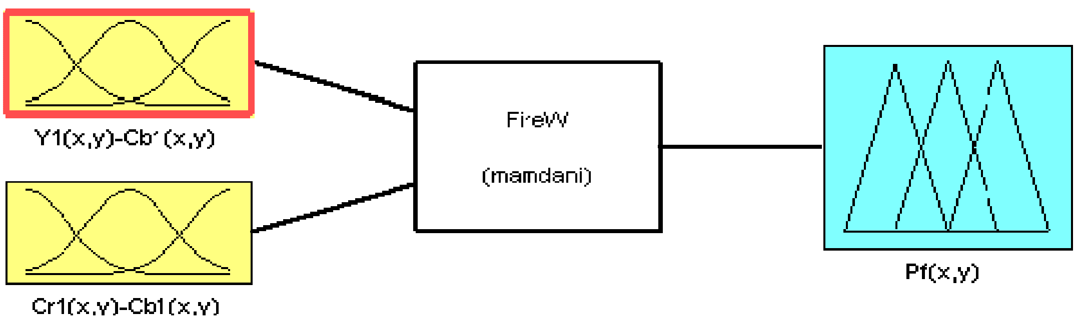
لقد أظهرت النتائج المتكررة لأي صورة نار بأنه كلما كان الفرق بين $Y(x,y)$ و $Cb(x,y)$ أكبر كلما زاد احتمال أن البيكسل المعطى هو بيكسل نار، كما يبين الشكل (٥-١٢) بأنه يجب أن تكون $Cb(x,y)$ أصغر من $Cr(x,y)$، وبشكل مماثل كلما ازداد الفرق بينهما كلما زاد احتمال أن البيكسل المعطى بيكسل نار، لذلك يمكن تلخيص العلاقة بين القنوات الثلاث بالعلاقة التالية:

$$Y(x,y) \geq Cr(x,y) \geq Cb(x,y) \qquad (5\text{-}1)$$

لتكن $P_f(x,y)$ عبارة عن مقياس احتمالي ينقل المشاهدة المعرفة بالعلاقة (5-1) فإن قيمة هذا المقدار سوف تقع بين الصفر والواحد والتي تظهر مدى إمكانية أن يكون بيكسل ما متوضع في الموقع الحيزي (x,y) ينتمي إلى بيكسل نار.

٥-٧ـ نمذجة الكشف عن النار باستخدام المنطق العائم:

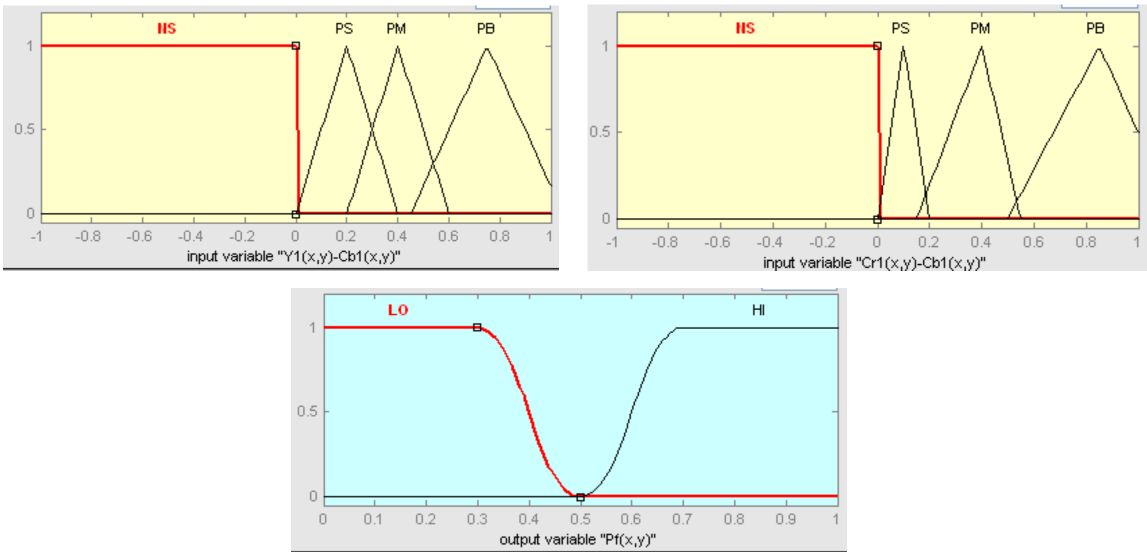
قمنا بنمذجة النظام المتكون من مدخلين ومخرج باستخدام المنطق العائم المتوفر في البيئة البرمجية Matlab وباستخدام نظام الاستدلال العائم (FIS) من نوع mamdani مع القواعد (الشكل ٥-١٣).



الشكل (٥-١٣): نموذج المنطق العائم للكشف عن النار.

تستخدم توليفة من توابع الانتماء trimf و zmf و smf من أجل الفروق بين $Y(x,y)$ و $Cb(x,y)$ وبين $Cr(x,y)$ و $Cb(x,y)$.

يبين الشكل (٥-١٤) توابع الانتماء من أجل مجموعة العلاقات السابقة.



الشكل (٥-١٤): توابع الانتماء من أجل مجموعة قواعد كشف النار.

تم إيجاد وتوزيع توابع الانتماء والقواعد المعرفة السابقة باستخدام التحليل التجريبي.

تم تحديد القواعد بطريقة تعكس توقعنا من أجل بيكسل نار حيث تم بناء ما مجموعه 16 قاعدة تأخذ بالحسبان كافة التوليفات الممكنة لمتغيري الدخل (الجدول ٥-٤).

الجدول (٥-٤): قواعد نظام المنطق العائم المقترح.

$P_f(x, y)$		$Y(x, y)$- $Cb(x, y)$			
		NS	**PS**	**PM**	**PB**
$Cr(x, y)$- $Cb(x, y)$	**NS**	LO	LO	LO	LO
	PS	LO	LO	HI	HI
	PM	LO	HI	HI	HI
	PB	LO	HI	HI	HI

بعد إعطاء الصورة يمكن استنظام أي قناة وفق العلاقة (5-2):

$$Y=Y/I_{max}\ ,\ Cb=Cb/I_{max}\ ,\ Cr=Cr/I_{max} \qquad (5\text{-}2)$$

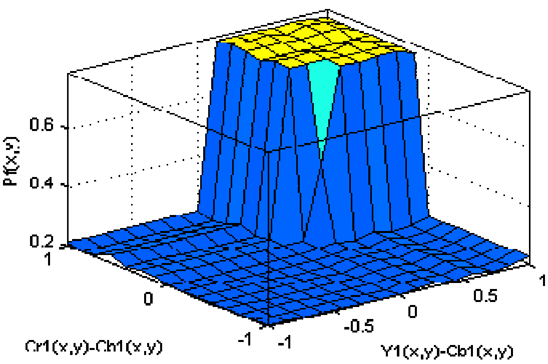
حيث أن I_{max} : هو قيمة الشدة العظمى في المجموعة المحددة بالقنوات الثلاث *Y, Cb, Cr*.

تستنظم العلاقة (5-2) كافة العينات إلى المجال [0 1] بحيث تصبح فروقهم ضمن المجال [1 1-] الذي يستخدم في تحديد توابع الانتماء (الشكل ٥-١٤) للمدخلين *Y(x,y)- Cb(x,y)* و *Cr(x,y)- Cb(x,y)*.

يتم تعويم المدخلين اعتماداً على توابع الانتماء المبينة في الشكل (٥-١٤) بعدئذٍ يطبق مؤثر التضمين min (Implication) على القواعد العائمة، ثم يطبق فك التعويم (Defuzzification) centroid على اجتماع كافة قواعد الخرج بغية إيجاد المقياس الكمي لــ $P_f(x, y)$ [29].

يبين الشكل (٥-١٥) السطح من أجل القواعد الـــ 16 للنظام كما هو متوقع، حيث إن قيمة الاحتمـــــال $P_f(x, y)$ متعلقة بالمدخلين *Y(x,y)- Cb(x,y)* و *Cr(x,y)- Cb(x,y)*، يمكن تفسيره كالآتي:

عندما يكون الفرق أصغر من الصفر فإن الاحتمال يقترب من الصفر، وإذا كان كلا الفرقين *Y(x,y)- Cb(x,y)* و *Cr(x,y)- Cb(x,y)* ضمن المجال [0 1] فإن الاحتمال $P_f(x, y)$ يقترب من الواحد.



الشكل (٥-١٥): السطح المتوقع لقواعد التحكم الـــ 16 لنظام المنطق العائم.

تستخدم منطقة أسفل الذروة لإعطاء احتمالية منخفضة للأجسام التي تسلك سلوكاً مشابهاً للنار ولكنها ليست ناراً أي أن بيكسلات الدخان حول مناطق النار تكون ملونة بلون مشابه للون النار نتيجة الخاصية الانعكاسية لبيكسلات الدخان وبالتالي سوف يأخذ الاحتمال $P_f(x, y)$ قيماً قريبة من الواحد.

٥-٧-٦ كشف الدخان:

بشكل مماثل يمكننا نمذجة بيكسلات الدخان غير أن بيكسلات الدخان لا تملك نفس الخصائص اللونية لبيكسلات النار.

تكون درجة الحرارة منخفضة في بداية الحريق وبالتالي يتوقع أن يظهر الدخان بلون قريب من مجال اللون الأبيض القريب من الأزرق إلى الأبيض، وكلما ازداد توهج النار كلما ازدادت درجة حرارة الدخان ويأخذ الدخان لوناً بين الأسود الرمادي والأسود، لذلك يمكننا صياغة علاقة بيكسلات الدخان كالآتي:

$$|R(x, y)-G(x, y)| \leq Th$$
$$|G(x, y)-B(x, y)| \leq Th \qquad (5\text{-}3)$$
$$|R(x, y)-B(x, y)| \leq Th$$

تبين العلاقة (5-3) على أنه يجب أن تملك بيكسلات الدخان قيم شدة مماثلة لقيم الشدة في قنواتها اللونية RGB.

يبين الشكل (٥-١٦) تقطيع بيكسلات الدخان للصورتين المتتاليتين (a) و (b) باستخدام العلاقة (5-3).



الشكل (٥-١٦): تقطيع بيكسلات الدخان للصورتين (a) و (b).

بما أن معلومات الدخان سوف يتم استخدامها من أجل نظام اكتشاف الحريق المبكر فإن عينات الدخان يجب أن تكتشف عندما تكون درجة حرارة الدخان منخفضة والتي تقابل المجال اللوني الأبيض القريب من الأزرق إلى الأبيض، أي أن درجة إشباع اللون منخفضة قدر الإمكان.

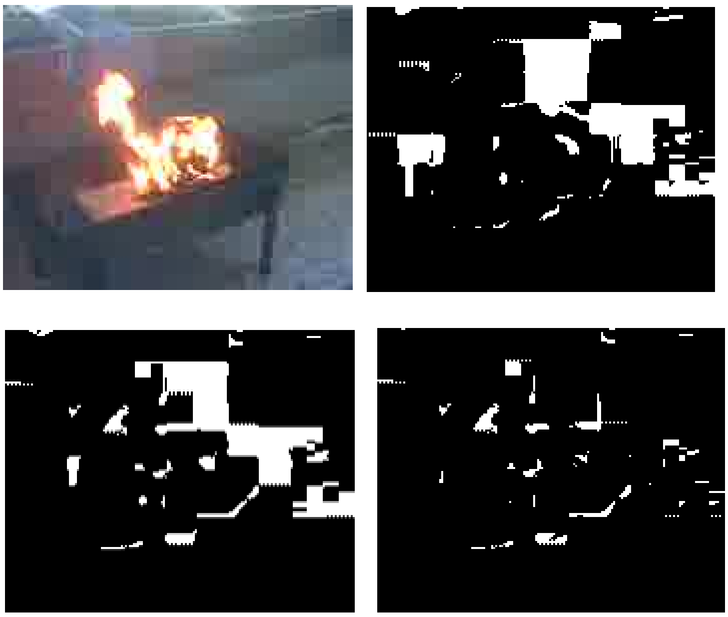
باستخدام هذه الفكرة يمكن وضع القاعدة المعرفة بالعلاقة (5-4) حيث يستخدم الفضاء اللوني HSV (Hue-Saturation-Value) (الشكل ٥-١٧) وتطبيقه مع المعادلة (5-3).



الشكل (٥-١٧): الفضاء اللوني لمجموعة نماذج لونية.

$$S(x, y) \leq 0.1 \qquad (5\text{-}4)$$

وباستخدام خاصية الحركة للدخان وبطرح صورتين متتاليتين من بعضهما البعض يمكن إزالة الأجزاء الثابتة اللون لفترة وجيزة كالسماء التي تبدو وكأنها دخان باعتماد مستوى عتبة محدد للفرق (الشكل ٥-١٨).



الشكل (٥-١٨): تقطيع بيكسلات الدخان للصورتين (a) و (b) والفرق بين التقطيعين.

٥-٧-٧ تأكيد حدوث حريق:

عند عتبة محددة لفرق تقطيعي بيكسلات الدخان يعطي النظام رسالة عن احتمال حدوث حريق (maybe Fire)، وعند وجود نار يعطي النظام رسالة إنذار(alarm Fire) لاتخاذ الإجراءات الضرورية للسيطرة على الحريق.

٥-٧-٨ واجهة مشغل برنامج الإنذار عن الحريق:

ابتكرنا برنامج مع واجهة مشغل لنظام الإنذار عن الحريق وذلك عن طريق وصل كاميرات المراقبة ببرنامج الـــ MATLAB من أجل معالجة الصورة واستخدام المنطق العائم لتحديد حالة الإنذار، فإذا كان الإنذار كاذب يقوم البرنامج بإلغاء إشارة الإنذار، أوهناك احتمال وجود نار يقوم البرنامج بإصدار نداء صوتي للتحقق من هذا الإنذار، أو إنذار حريق حقيقي يقوم البرنامج بتفعيل إمكانية الاتصال بفوج الإطفاء على الرقم 113 وتفعيل منبهات الإنذار عن الحريق (الشكل ٥-١٩).



الشكل (٥-١٩): واجهة مشغل برنامج الإنذار عن الحريق المبتكرة.

٥-٧-٩ نتائج التطبيق:

تمت معالجة 64 حالة مختلفة منها 20 حالة مشابهة لحالة حريق ولكنها ليست حريق (دخان من عادم عربة مختلف الألوان، وأشياء ملونة بلون الدخان ولون لهب النار)، و 20 حالة مختلفة لدخان حريق بدون لهب نار (مازوت على صفيح حار، دخان سجائر، ...ألخ) و24 حالة مختلفة على شكل بدء نشوب حريق حقيقي، حيث كانت النتائج 63 نتيجة صحيحة وحالة واحدة إنذار كاذب ناتج عن حركة عربة إلى الخلف بشكل بطيء وفوق فوهة العادم مثبت قطعة قماش بلون أحمر فاتح على منصب مرن قابل للتمايل باتجاهات مختلفة.

٥-٨ النتائج والمناقشة:

١. تم في البحث تزويد نظام الإنذار عن الحريق ببرتوكول LONWORKS (أحد برتوكولات BMS) مما أكسب النظام السمات الإيجابية الكثيرة لهذا البرتوكول.

٢. تم تطوير ودعم منظومة الإنذار عن الحريق بمنظومة إنذار تستخدم المراقبة والكشف باستخدام الكاميرات ومعالجة الصور بالاعتماد على المنطق العائم مستفيدين من الخواص المرئية للحريق مما أعطى بعداً آخر (البعد البصري) لنظام الإنذار عن الحريق مما يجعل احتمال حدوث إنذار كاذب شبه معدوماً.

٣. تبين من خلال البحث انخفاض زمن إعطاء إشارة الإنذار الصحيحة (بضع ثوانٍ)، مما يؤدي إلى تفادي الكثير من الأضرار واتخاذ إجراءات السيطرة على الحريق بسرعة.

٤. اتضح من خلال البحث أن المراقبة البصرية تحدد مدى شدة الحريق وبالتالي تزود المراقب بالمعلومات الأولية الضرورية لإجراء اللازم.
٥. يوصى باستخدام النظام العملي المقترح الذي يمكن تنفيذه بسهولة وهو ضروري مقارنة بالتكاليف التي تترتب على الإنذارات الكاذبة.
٦. يوصى بالاستفادة من نظام المراقبة الأمنية بالكاميرات للإنذار عن حدوث حريق وذلك بتوسيع مجال عمله وإضافة عدد من الكاميرات للأماكن التي يتوقع حدوث حريق فيها.

٦ـ النتائج والمناقشة
Results and discussion

١- من خلال البحث قمنا بإعداد مخططات أتمتة وحدات معالجة الهواء المختلفة النماذج ومنظومات تأمين الماء البارد و تأمين ماء التدفئة وتأمين الماء الساخن والإنارة الداخلية والإنذار عن الحريق من أجل إدخال هذه المنظومات في نظام BAS.

٢- جرى من خلال البحث تحديد عدد نقاط التحكم الرقمي المباشر ونوعها لكل منظومة من المنظومات السابقة.

٣- أجرينا من خلال البحث تسلسلاً لمراحل عمل المنظومات السابقة وتحليلاً لسلوك نظام الـــ BAS عند كل مرحلة للاستفادة منها في تصميم المتحكم المنطقي العائم.

٤- وُضعت من خلال البحث واجهات التطبيق العملي لـــ BAS على وحدات معالجة الهواء ومنظومة تأمين الماء البارد ومنظومة تأمين ماء التدفئة.

٥- من خلال البحث وضعت برامج DDC للتطبيقات السابقة.

٦- أجرينا في البحث نمذجة ومحاكاة لنظام الـــ BAS المطبق على وحدات معالجة الهواء باستخدام التحكم المنطقي العائم ووضعنا قواعد التحكم التي تعبر عن سلوك النظام وتوابع الانتماء للدخول والخروج التي تحسن من أداء النظام.

٧- من خلال البحث أجرينا نمذجة ومحاكاة نظام BAS المطبق على منظومات تأمين الماء البارد وتأمين ماء التدفئة والماء الساخن باستخدام التحكم المنطقي العائم واعتماد أسلوب تقسيم هذه المنظومات إلى دارات فرعية مترابطة بواسطة الـــ BAS.

٨- أجرينا من خلال البحث نمذجة التحكم بالإنارة الداخلية باستخدام التحكم المنطقي العائم واعتماد بارامتري شدة الإنارة والمشغولية كمداخل أساسية للمتحكم المنطقي العائم.

٩- تم من خلال الدراسة والبحث تطوير نظام الإنذار عن الحريق بإدخال العنصر البصري (كاميرا) في الكشف عن حدوث الحريق باستخدام برنامج معالجة الصور الفيديوية والتحكم المنطقي العائم.

١٠- تبين من خلال نمذجة ومحاكاة وحدة معالجة الهواء وبالمقارنة بين سمات البارامترات الأساسية باستخدام متحكم PID والمتحكم FLC البيانات التالية:

معدل CO_2	الرطوبة النسبية	درجة الحرارة	المتحكم
28	3	13	زمن الاستقرار (PID) (min)
22	2.5	25	زمن الاستقرار (FLC) (min)
66.66	2	6.82	تجاوز العتبة (PID) %
13.33	0	0	تجاوز العتبة (FLC) %

يتبين لنا مما سبق أن وحدة معالجة الهواء باستخدام متحكمات الـ PID تعمل بشكل جيد لكل بارامتر على حده (درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، معدل غاز CO_2) وهذا يقلل من متطلبات الشاغلين. أما باستخدام التحكم المنطقي العائم فإنها تعمل بشكل جيد مع وجود ترابط بين البارامترات الأساسية مترافقاً مع تلبية متطلبات الشاغلين، مما يجعل استخدام متحكمات المنطق العائم أفضل من استخدام متحكمات الـــ PID.

١١- تبين من خلال بيانات بارامترات منظومة تأمين الماء البارد (درجة الحرارة الخارجية، الرطوبة النسبية، درجة حرارة الفريون، درجة حرارة الماء الذاهب من المبرد، درجة حرارة الراجع إلى المبرد، درجة حرارة المكثف، درجة حرارة الماء الذاهب من المكثف، درجة حرارة الماء الراجع إلى المكثف، نسبة الحمل) باستخدام التحكم التقليدي المستخدم حالياً أن متوسط حمل المبرِّد 50.4% بمتوسط درجة حرارة خارجية 37.26 C^O ومتوسط رطوبة نسبية % 37.326 وهذا ناتج عن تشغيل مضخات الماء البارد ومراوح أبراج التبريد على مرحلة واحدة. أما من خلال بيانات هذه البارامترات وباستخدام التحكم المنطقي العائم تبين لنا أن متوسط حمل المبرِّد 44.4% بمتوسط درجة حرارة خارجية 38.6 C^O ومتوسط رطوبة نسبية 36.26% نلاحظ أن متوسط حمل المبرِّد أنخفض بمقدار % 6 على الرغم من زيادة متوسط درجة الحرارة الخارجية بمقدار 1.34 C^O عند متوسط رطوبة نسبية متساوية تقريباً، وهذا ناتج عن تشغيل الأجهزة التنفيذية السابقة على عدة مراحل مترابطة مع بعضها البعض من خلال الـــ BAS باستخدام متحكمات المنطق العائم، وهذا ما يزيد من عمر التجهيزات ويقلل من أعمال الصيانة ومن استهلاك الطاقة الكهربائية وغاز التبريد (الفريون) الضار بالبيئة.

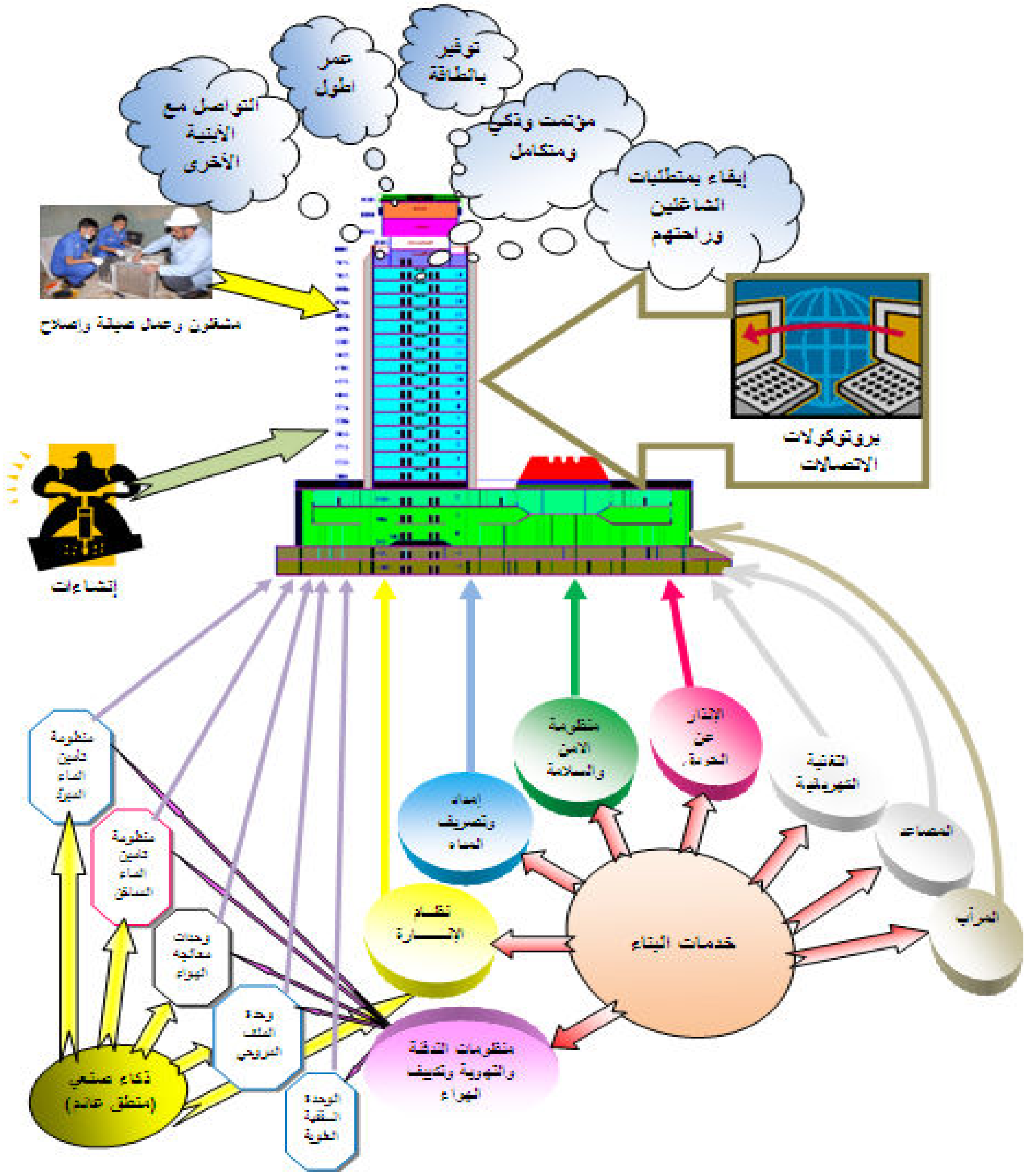
١٢- تبين لنا نتيجة تطبيق متحكم منطق عائم على منظومة التدفئة انخفاض استهلاك الوقود من حوالي 4250 ليتر يومياً باستخدام نظام التحكم المستخدم حالياً إلى حوالي 3420 ليتر يومياً أي انخفاض بمقدار حوالي 830 ليتر يومياً. وتبين لنا بالتجربة أن مجموعة من العوامل تشترك في تخفيض استهلاك الوقود وهي: التحكم بعمل المضخات والمراجل على عدة مراحل بالإضافة إلى التحكم بالوضع الليلي للتدفئة.

١٣- دلت التجارب التي أجريناها على مجموعة مكاتب في المجمع البلدي بحلب باستخدام المتحكم المنطقي العائم في المباني المكتبية يتم توفير طاقة كهربائية 62%-50 في المكاتب الواقعة عكس اتجاه حركة الشمس أثناء الدوام اليومي وتصل إلى 90%-73 في المكاتب الواقعة بجهة حركة الشمس. أي أن عاملي الإضاءة النهارية والمشغولية يلعبان دوراً أساسياً في الإقلال من استهلاك الطاقة الكهربائية وتأمين الراحة للشاغلين.

١٤- تبين من خلال تطوير نظام الإنذار عن الحريق انخفاض نسبة الإنذارات الكاذبة إلى 1.5%، بالإضافة إلى إرسال إشارة إنذار عن احتمال بداية حدوث الحريق والتأكيد على حدوث الحريق عند بداية ظهور اللهب وهذا يعطي فرصة زمنية لاتخاذ الإجراءات اللازمة للسيطرة على الحريق.

١٥- تبين من خلال الدراسة والبحث أن أتمتة المنظومات الخدمية باستخدام المتحكمات الرقمية المباشرة DDC التي يدخل في تكوينها متحكمات PID تفي بطلبات الشاغلين بشكل جيد دون الأخذ بعين الاعتبار استهلاك

الطاقة وتلوث البيئة. أما باستخدام التحكم المنطقي العائم فإن طلبات الشاغلين تلبى بشكل أفضل مع الأخذ بعين الاعتبار استهلاك الطاقة وتلوث البيئة الشكل(٦-١).



الشكل (٦-١): تكامل المنظومات في المبنى مع متحكمات المنطق العائم.

٧ــ التوصيات والمقترحات
Recommendations and Propositions

التوصيات:

تتمحور التوصيات والمقترحات حول المواضيع المدروسة التي يوصى بتطبيقها والاستفادة من البحث في التطبيقات حيث أن البحث قدم حلولاً جيدة لتوفير الطاقة وحماية البيئة دون الإقلال من راحة الشاغلين:

١. يوصى بتركيب نظام إدارة وأتمتة البناء BAMS في المباني الضخمة وذات الاستهلاك الكبير للطاقة الناتج عن كثرة وضخامة مستهلكات الطاقة المركبة في المبنى.
٢. استخدام أفضل لنظم التحكم:
مثل متحكمات المنطق العائم للتحكم بالمنظومات الخدمية في البناء وأتمتتها.
٣. استخدام برامج متحكمات المنطق العائم للتحكم بالمنظومات الخدمية التي تمت دراستها.
٤. يوصى برفع أبراج التبريد إلى الهواء الطلق للاستفادة من التبريد المجاني.
٥. يوصى باستبدال عملية رفع الضغط لإيصال ماء التكييف إلى الطوابق العليا من المبنى بمضخات فرعية في الطوابق وذلك لخفض قيمة الضغط في الطوابق الدنيا والتي تصل في بعض الأحيان إلى 13 بار.
٦. التحكم بالإضاءة النهارية إما باستخدام متحكمات المنطق العائم المقترحة في البحث (الفصل الرابع) بالإضافة إلى إتباع طريقة تصميم البناء ودراسة زوايا نفوذ أشعة الشمس من النوافذ إلى داخل المكاتب صيفاً وشتاءاً، أي بوضع حاجب خارجي على مستوى معين من النافذة يحجب جزءاً كبيراً من أشعة الشمس صيفاً وبالتالي يقلل من الحاجة إلى التبريد، ويسمح بمرور كبير لأشعة الشمس شتاءاً وبالتالي يقلل من الحاجة للتدفئة، أو بوضع ستائر يتم التحكم بها طبقاً للحالة المطلوبة.
٧. استبدال المنظومات الخدمية ونظم التحكم بها بمنظومات حديثة عندما يصبح مرود الاستبدال أكبر من التكلفة الأولية وتكلفة الطاقة.
٨. يوصى بتطبيق نظام الإنذار عن الحريق المقترح في هذا البحث الذي يقلل من الإنذارات الكاذبة.
٩. تفتح الأبحاث التي درست في هذه الأطروحة مجالات لتطبيقات جديدة لمتحكمات المنطق العائم في أسواق أتمتة وإدارة البناء.

المقترحات:

١. إيقاف بيع كافة الأجهزة ذات التحويل المنخفض للطاقة وسحبها من الأسواق من أجهزة إنارة ومحركات وسخانات ومبردات ...ألخ، واستبدالها بأجهزة ذات تحويل عالٍ للطاقة.
٢. إنشاء بنك بيانات حول استهلاك الطاقة وتحليل كافة البيانات دورياً ومناقشة الحسنات والسيئات.
٣. استخدام مدخرات التبريد لتخزين التبريد خارج أوقات الدوام واستهلاكه أثناء الدوام مما يجعل سوية استهلاك متساوية ومنخفضة حتى في أوقات ذروة استهلاك الماء المبرد.

٤. تحديد درجة الحرارة المناسبة لوحدات التبريد والتدفئة وفقاً لحالة الطقس بالتعاون مع الأرصاد الجوية للمبنى، وطبقاً لوضع المكان المراد تكييفه.
٥. تركيب محول طاقة خاص لكل مبنى يزيد استهلاكه للطاقة عن حدٍ معين، واستخدام كابلات تغذية نظامية.
٦. عدم ادخار أي إمكانية للاستفادة من الطاقة المتجددة.

كما لاحظنا سابقاً أن للبحث أهمية كبيرة في الظروف الحالية للقطر العربي السوري:

- ✓ الاستفادة القصوى من العوامل الطبيعية المتوفرة.
- ✓ الاستفادة من العامل البشري في التطور والإبداع بدلاً من التفكير الضائع على كيفية تأمين الراحة.
- ✓ تنشيط السياحة.
- ✓ تنشيط الموارد الاقتصادية عن طريق رفع مردود كل قطاع إلى أعلى نسبة.
- ✓ جذب الاستثمارات العقارية.
- ✓ إيجاد قاعدة للبدء في تطبيق هذه التقنيات.

٨ــ المراجع العلمية
References

[1] Sullivan, L. (1896) *Das große Bürogebâude, künstlerisch betrachtet*. In: A.L.Huxtable. Zeit für Wolkenkratzer oder die Kunst, Hochhâusr Zu bauen. German.

[2] Matti H. (2000) Islands of Automation. http://cic. vtti.fi/hannus/island.html MCCABE Steven (1998) Quality Improvement Techniques in Construction The Chartered Institute of Building Addison Wesley Longman Limited, pp. 124.

[3] Stephen Drewer, and David Gann (1994) Smart Buildings Facilities, 12(13), pp. 19-24.

[4] Barrie Chanter & Peter Swallow (1996) *Building Maintenance Management*, Oxford; Cambridge, Mass. Blackwell Science, pp. 76-90.

[5] Novak Bob (2004) *President of Energy Equipment and Control*, Inc.

[6] Rob Moult AND Dave Matasek (2001) Building Automation Maximizing Green Design through Building Automation Environmental Design and Construction, http://www. Edcmag.com/edc/cda/ articleinformation/ features/bnp-features-item.

[7] Hoffmann T. (2004) Intelligent Buildings – Are We Finally Enabled? Johnson Controls, Controls Group. http://www.johnsoncontrols.com/metasys/articles/article3.htm. http://www.ddc-online.org/intro/index.aspx

[8] ISO, ISO 10303–21:2002 Industrial automation systems and integration- Product data representation and exchange: Part 21. Implementation methods: Clear text encoding of the exchange structure.

[9] ISO, ISO 10303–11:2004 Industrial automation systems and integration- Product data representation and exchange: Part 11. Description methods: The EXPRESS language reference manual.

[10] ASHRAE Standard 135 *BACnet* (2001)- *A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks*. American Society of Heating Refrigeration and Air-conditioning Engineers, Atlanta, GA.

[11] Eyke Maurice (1988) Building Automation Systems A Practical Guide to Selection and Implementation Oxford, Oxfordfshire: BSP Professional, pp.181.

[12] Shoureshi. R.. Brackney. L.. & DeRoo. B. (1996). Fuzzy-based energy management system for large buildings. Proceedings of the ASME Dynamic Systems and Control Division, American Society of Mechanical Engineers, Dynamic Systems and Control Division (Publication) DSC 58. pp. 797-804.

[13] Westphalen, D. and Scott Koszalinski.(2001) *Energy Consumption Characteristics of Commercial Building HVAC Systems. Volume I: Chillers, Refrigerant Compressors, and Heating Systems*. U.S. Department of Energy.

http://www.elitesoft.com

[14] Boed, Viktor (1996) *Controls and Automation for Facilities Managers – Efficient DDC Systems Implementation*, CRC Press, 1-800-272-7737, Cat.: CH7229.

[15] S. N. Sivanandam, S. Sumathi and S. N. Deepa,(2007), **Introduction to Fuzzy Logic Using MATLAB**, Book, Springer- Verlag Berlin Heidelberg.

[16]Wen Zhen, Huang., Zaheeruddin, M., Cho, S. H. (2006) Dynamic Simulation of Energy Management Control Functions for HVAC Systems in Buildings, *Energy Conversion and Management, 47,* 7-8, pp.926-943

[17] J. Schein, S.T. Bushby, N.S. Castro, J.M. House, (2003) Results from field testing of air handling unit and variable air volume box diagnostic tools, NISTIR 6994, National Institute of Standards and Technology.

[18] Wu Chen, Shiming Deng, (2006), Development of a Dynamic Model for a DX VAV Air Conditioning Sys tem, *Energy Conversion and Management, 47,* 18-19, pp. 2900-2924

[19] Jian, W. and C. Wenjian (2000). Development of an Adaptive Neuro-Fuzzy Method for Supply Air Pressure Control in HVAC System. *IEEE conf. Sys., Man, and Cybernetics*, 5 , pp. 3806 –3809.

[20] Hermetic Centrifugal Liquid Chiller, Size Range: 200 to 1500 tons (703 to 5275 kW),Carrier Model Number: 19XR, XRT, www.commercialhvacservice.carrier.com

[21] M.A. Andrade, C.W. Bullard, S. Hancock, M. Lubliner, (2002) , Modulating blower and compressor capacities for efficient comfort control, ASHRAE Transactions 108, (1) 631e637.

[22] Von Altrock, C., Arend, H. O., Krause, B., Steffens, C., and Behrens-Rommler, E. (1994), "Customer-Adaptive Fuzzy Control of Home Heating System", IEEE Conference on Fuzzy Systems in Orlando.

[23] NIELSEN T.R.; DUER, K.; SVENDSEN S., (2001). Energy Performance of Glaszings and windows. Solar Energy, 69(6), 137.143.

[24] DIRK P., (2007). Sensor Networks Applied to the Control and Management of Buildings, Cork, Ireland.

[25] Bellas-Vellidis I, Argiriou A, Balaras C.A, Kontoyannidis S, (1998). Predicting energy demand of single solar houses using artificial neural networks, Proceedings of the 6th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing, Aachen Germany, pp. 873-877.

[26] Guillemin A. Morel N, (2001). An innovative lighting controller integrated in a self adaptive building control system, Energy and Buildings, 33 (5) pp. 477-487.

[27] Nelson, D. (2004). Electric Lighting Controls Clanton & Associates, Inc.

http://www. Wbdg.org/design/res-print.php?rp=12

[28] Frank L., (2005). The Integration Between Design and Maintenance of Office Building Automation ,Queensland University of Technology.

[29] Fritz J.; Dolores H.; Russ., (1996). Development of A Fuzzy System Design Evolutionary Computation, Ohio, by Brian & Bush.

[30] Liu, Z.G.; Makar, J.M.; Kim, A.K. (2005), Development of fire detection systems in the intelligent building. pp. 561-573

[31] Celik, T., Demirel, H., Ozkaramanli, H., (2006)."Automatic Fire Detection in Video Sequences", European Signal Processing Conference, EUSIPCO-06.

[32] Ennals, B., (1999) .Integrated Systems . An Evolution in Building Control,. Fire Safety.

[33] Sharples, S., Callaghan, V. and Clarke, G., (1999).A Multi-Agent Architecture for Intelligent Building Sensing and Control,. Sensor Review, Volume 19, No. 2, pp.135-140.

[34] Winter, J., (2000) .When Every Second Counts,. Fire Safety Engineering.

[35] Tice, L., (1999) .Options within Intelligent Fire Detection Systems,. Fire Safety.

[36]. Celik, T., Demirel, H., Ozkaramanli, H., Uyguroglu, M., "Fire Detection in Video Sequences Using Statistical Color Model", Proc. Internat. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 2,no.pp. II-213 - II-216, May 2006.

[37] Lloyd, D., (2000) .Video Smoke Detection (VSD-8),. Fire Safety, p. 26.

٩ــ الملاحق

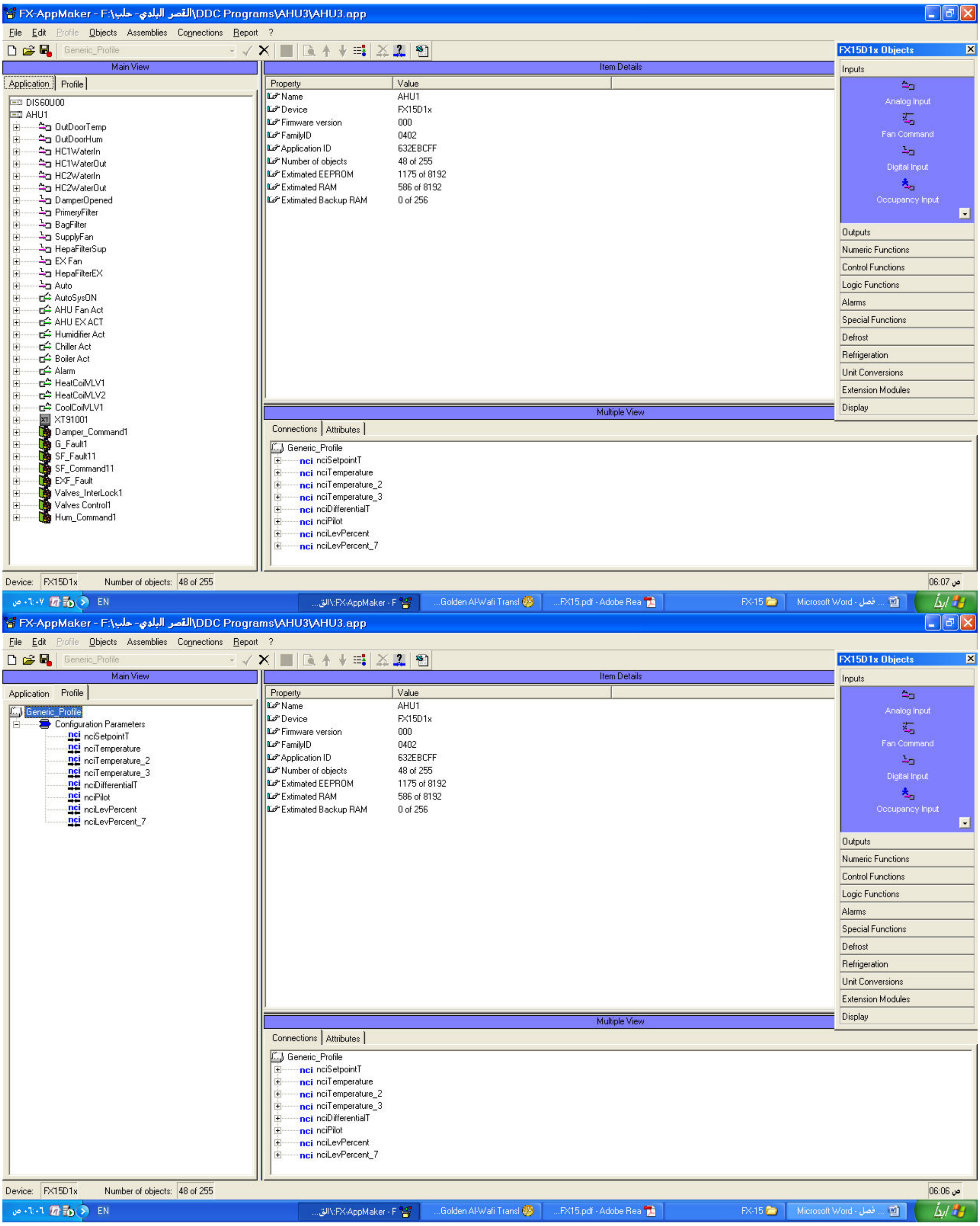
الملحق (أ):

ملخص عن تعاريف الأبنية الذكية وتطورها

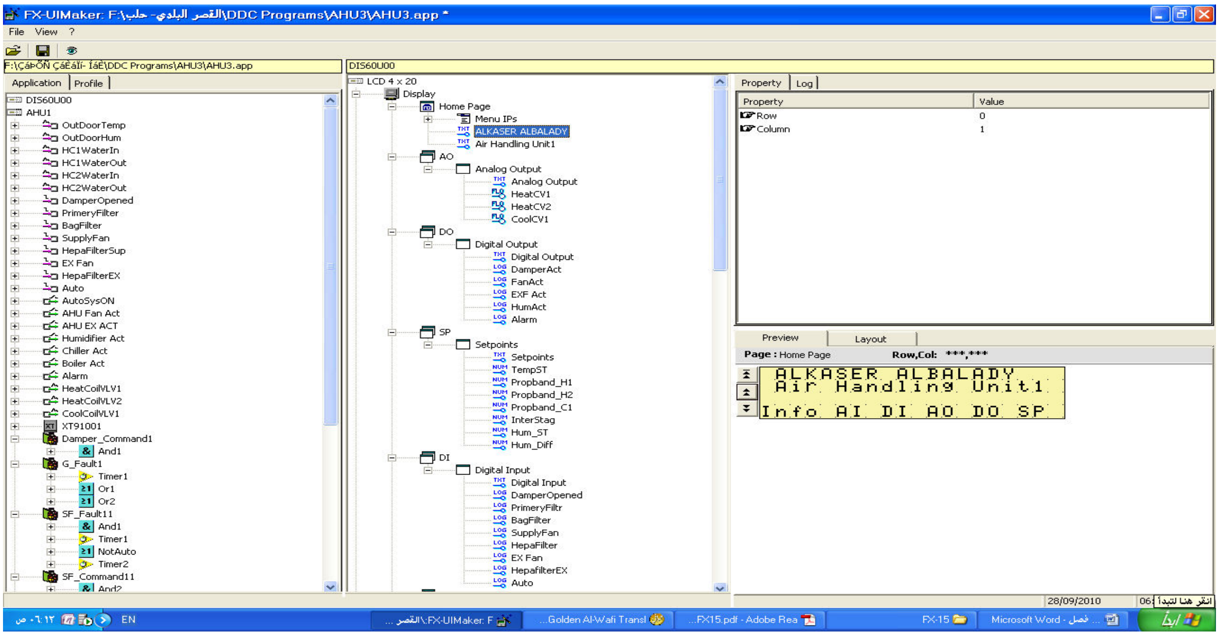
العام	المنظمة	التعريف	المرجع
1981	United Technology Building Co. (UTBS) USA	"المبنى الذكي "ظهر للدلالة على المباني التي تدخل فيها وسائل الاتصالات المتطورة وهي الخدمات المتشابكة لإدارة بيانات البناء التي توفر الخدمات المشتركة إلى الشاغلين.	So and Tanaka 1990
1988	Intelligent Buildings Institute (IBI) USA	البناء الذكي هو البناء الذي يوفر بيئة منتجة ومربحة من خلال تحقيق أمثلية عناصره الأربعة الأساسية :التركيب، والأنظمة، والخدمات، والإدارة والعلاقة الداخلية بينهم.	Caffrey 1988
1991	Nippon Telegraph and Telephone (NTT) Japan	ركزت المباني الذكية اليابانية على أربع سمات: 1- استقبال وارسال المعلومات وكفاءة الإدارة المدعومة.2 – ضمان رضاء وراحة الناس العاملين فيهم. 3- توفير خدمات إدارية أكثر فطنة وبكلفة منخفضة من قبل إدارة البناء. 4 – السرعة، بالإستجابة الاقتصادية والمرنة للبيئات الاجتماعية المتبدلة. استراتيجيات العمل المكتبي المتنوع والمعقد والعمل الفعَّال، و بخصوص الاعتبارات الثقافية يجب على المباني الذكية أن تبقي على فعالية البيئة العاملة، وأن تكون آلية التشغيل شاملة ومرنة بما في الكفاية للتكيف مع التغييرات في حاجات البيئة العاملة مستقبلاً.	Fujie and Mikami 1991

DEGW 1992	طور النموذج الأوروبي البديل للمباني الذكية ليتميز بثلاث مراحل في تطويره للمباني الذكية: (1) المباني المؤتمتة (1981-1985). (2) المباني المتجاوبة – 1986) (1991. (3)المباني الفعَّالة (1992 وحتى الوقت الحاضر).إن تعريف المباني الذكية في أوروبا يتطلب من المستخدمين الكثير من التقنيات.	DEGW Europe	1992
EIBG 1994	عرف المبنى الذكي بأنه ذلك المبنى الذي " يخلق بيئة تزيد فيها فعالية الشاغلين له وفي نفس الوقت باستعمال الحد الأدنى من المصادر وأقل كلفة للمكونات الصلبة والوسائل".	The European Intelligent Building Group (EIBG)	1994
Choi 1995	المبنى الذكي هو كل مبنى يؤدي ثلاثة شروط: (1) أنظمة تحكم مؤتمتة ومتقدمة. (2) بنية تحتية شبكية جيدة. (3) وسائل اتصالات كافية.	The Public Works Department of Singapore Government	1995
Choi 1995	اعتبر المبنى ذكياً إذا احتوى "3A" أو "5" . وتعني "3A" أن المبنى يحتوي على ثلاث وظائف أتمتة :أتمتة الاتصالات، وأتمتة المكتب وأتمتة إدارة البناء. "5" تكامل وظيفة الإنذار عن الحريق أو نظام أتمتة الحريق المستقل ونظام أتمتة الصيانة الشامل، مع أنظمة الأتمتة المختلفة في المبنى.	Shanghai Developer China	1995
So 2002	التعريف الرسمي الذي اعتمد مؤخراً للبناء الذكي: تصمم وتبنى المباني الذكية بالاستناد على اختيار مناسب لنماذج البيئة النوعية لتلبية متطلبات المستخدم وذلك بالتخطيط بوسائل المبنى المناسبة لإنجاز العمر المحدد للمبنى.	Asian Institute of Intelligent Buildings (AIIB)	1999-2002

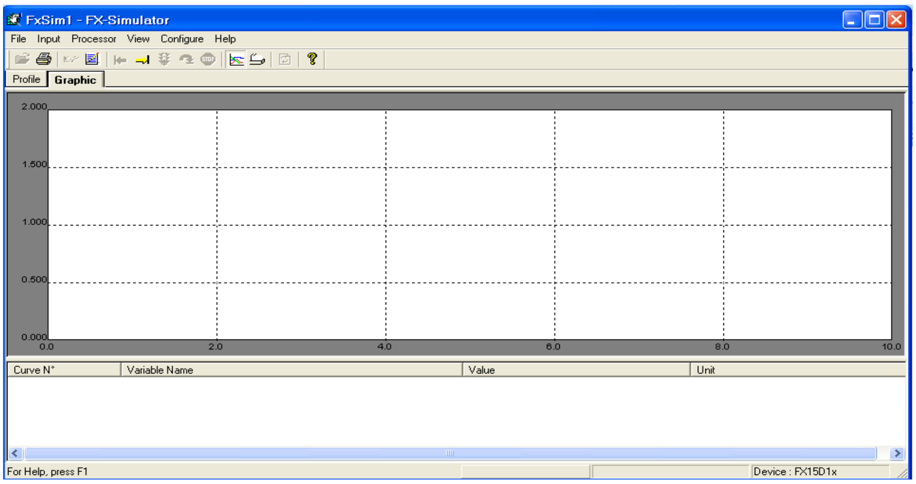
الملحق (١):



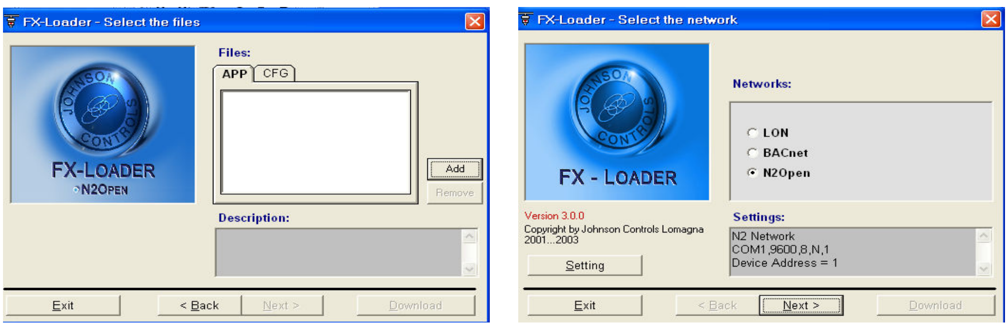
واجهتي FX AppMaker.



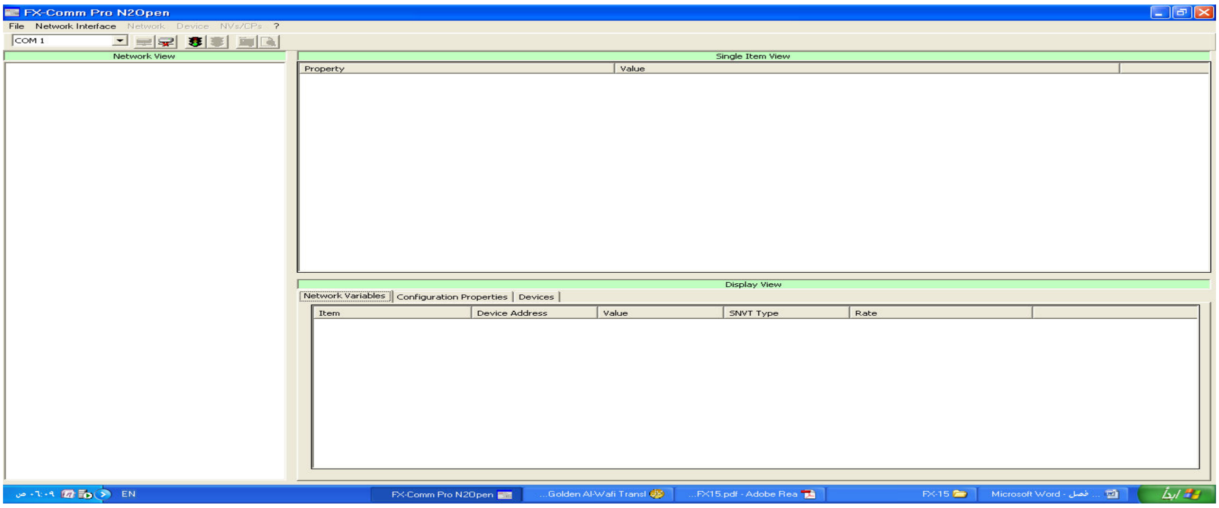
واجهة FX Uimaker.



واجهة FX-Simulator .



واجهات FX-Loader.



واجهة **FX CommPro**.

الملحق (٢):

- **التحكم والمراقبة لــ BMS على نظم تدفئة وتهوية الهواء وتكييفه (HVAC):**

١. تتضمن جداول الطرفيات الحقلية لنظم HVAC. حيث يطبق BMS المراقبة والتحكم بهذه النظم باستخدام هذه الأطروحة كدليل عمل. تؤثر معايير عديدة على تطبيق BMS في البنايات، من ضمن ذلك عمر البناية، ميزانيات المشروع، تعقيد النظام، التفاعل مع أنظمة المباني الأخرى، استخدام البناء، ألخ. وفي هذا الملحق تفاصيل تعليمات التصميم للنقاط المطلوبة، لمباشرة وظائف المراقبة والتحكم في BMS. حيث تم أخذ المتطلبات الدنيا لوسائل التحكم والمراقبة عن طريق BMS وتضاف الوسائل الإضافية إذا احتاج إليها للمراقبة والتحكم.

٢. إن المختصرات العامة المعروضة في الملحق (٢-١) معيارية في نظم البناء وهي التالية:

الملحق (٢-١) مصطلحات في HVAC

م	المختصر	المعنى بالغة الانكليزية	المعنى بالغة العربية
١	OA	Outdoor Air	الهواء الخارجي
٢	EA	Exhaust Air	الهواء العادم (هواء العادم)
٣	SA	Supply Air	هواء الإمداد (التغذية)
٤	RA	Return Air	الهواء الراجع
٥	MA	Mixed Air	الهواء الممزوج
٦	CND	Condensate	مكثف
٧	CSRS	Condenser Water Supply	الإمداد المائي إلى المكثف

٨	CSRR	Condenser Water Return	الراجع المائي من المكثف
٩	CWS	Chilled Water Supply	الإمداد المائي المبرَّد
١٠	CWR	Chilled Water Return	الراجع المائي المبرَّد
١١	DHW	Domestic Hot Water	الماء الساخن الداخلي
١٢	DHWS	Domestic Hot Water Supply	الإمداد المائي الساخن الداخلي
١٣	DHWR	Domestic Hot Water Return	الراجع المائي الساخن الداخلي
١٤	HWS	Hot Water Supply	الإمداد المائي الساخن
١٥	HWR	Hot Water Return	الراجع المائي الساخن
١٦	NO	Normally Open	مفتوح بشكل طبيعي
١٧	NC	Normally Closed	مغلق بشكل طبيعي
١٨	STM	Steam	بخار

- **ملاحظات عامة عن جداول الطرفيات الحقلية:**

١. لن يتجاوز BMS أي ترابطات للمكونات الصلبة متضمنة ترابطات السلامة. يكون احتمال تحكم BMS بالمحركات عندما يكون مفتاح الاختيار (يدوي/ توقف/ آلي) في وضعية الآلي.

٢. جميع المكونات المعروضة في الجداول ضرورية لتلبي متطلبات المراقبة والتحكم على النظم. ويجب تزويد هذه المكونات بكابلات وقنالات اتصال لربطها إلى PIM في لوحة التحكم الموزعة (الفرعية) أو المتحكم الخاص بالتطبيق حيث تعتبر نقطة وظيفية كاملة في BMS .

توضيح عن جداول الطرفيات الحقلية:

تحدد جداول الطرفيات الحقلية وظائف المراقبة والتحكم الدنيا التي تؤدى بواسطة BMS .

١. العمود الأول (الطرفيات الحقلية) ويحتوي على المختصر الذي يناسب الشرح.

٢. العمود الثاني ويحتوي على شرح المختصر باللغة الإنكليزية.

٣. العمود الثالث ويحتوي على الشرح باللغة العربية.

٤. العمود الرابع ويحتوي على الدخول الرقمية Digital Inputs المطلوب مراقبتها ويرمز لها DI وهي ترمز إلى الدخول الرقمية التالية:

- محول التيار المحسوس والحاكمة لحالات المحرك الكهربائي.
- مراقبة حالات المحرك الكهربائي عن طريق التماسات بواسطة VSD أو واجهة طرفية للمحرك الكهربائي.
- مراقبة الإنذار العام لجهاز VSD عن طريق التماسات المزودة لمتحكم VSD.
- حساس الضغط التفاضلي للهواء (يشير إلى حالة مصافي الهواء).

- جهاز كشف درجة الحرارة المنخفضة.
- حساس مستوى.
- حساس نهاية للمخمد.
- حساس ضغط سلبي (تفريغ).
- إشارة دخل نبضية من عداد الماء.
- إشارة دخل نبضية مزودة بـــ ١٦ جزء. مطابقة لمتطلبات الإشارة النبضية.
- حساس الضغط التفاضلي للهواء (حساس تحديد الضغط الستاتيكي للهواء في قناة الجريان).
- مراقبة حساسية مفتاحي الضغط المتحكمين بالتغذية الرئيسية للهواء، وذلك من أجل مراقبة BMS لحالات الإنذار عن ضغط منخفض أو مرتفع. يراقب الجهازين من نقطة واحدة على BMS.
- حساس ضغط (لخدمة الماء) يركب على أنابيب التغذية بالماء البارد، من أجل مراقبة BMS لإشارة الإنذار عن الضغط المنخفض.

٥. العمود الخامس Digital Outputs (DO) ويشير إلى الخروج الرقمية والتي ترمز إلى التالي:

- تغذية وتحكم الحاكمة إلى الطرفيات الخاصة بها عند أطراف وصلات الأسلاك لدارة التحكم بالمحرك الكهربائي أو المتحكم VSD ، من أجل التحكم بتوقف أو إقلاع المحرك.
- تغذية التحكم بوضعي المخمد.
- تغذية التحكم بوضعي الصمام.
- تغذية خرج تحكم BMS إلى أطراف أسلاك دارة التحكم بمروحة برج التبريد.
- تغذية خرج تحكم BMS إلى لوحة التحكم بالمبرد وذلك من أجل تحكم BMS بتفعيل أو عدم تفعيل آلة المبرِّد.
- تغذية التحكم بتشغيل وإطفاء حواكم الإضاءة.
- تغذية خرج تحكم BMS إلى وحدة معالجة الهواء السقفية العلوية من أجل أن يتحكم BMS بتفعيلها أو عدم تفعيلها.

٦. العمود السادس ويشير إلى الدخول التشابهية Analog Inputs (AI) والتي ترمز إلى التالي:

- تغذية ومراقبة حساس درجة الحرارة ذو المجال ($0\ C^O - 50\ C^O$).
- تغذية ومراقبة حساس متوسط ارتفاع درجة حرارة الهواء في القناة ذو المجال ($0\ C^O - 50\ C^O$).
- تغذية ومراقبة حساس ارتفاع درجة حرارة الثيرمو ذو المجال ($0\ C^O - 100\ C^O$).
- تغذية ومراقبة حساس درجة الحرارة الخارجية ذو المجال ($(-)20\ C^O - 50\ C^O$).
- تغذية ومراقبة حساس درجة حرارة المكان والذي يعلق عادة على الحائط ذو المجال ($0\ C^O - 50\ C^O$).
- تغذية ومراقبة حساس درجة حرارة المكان من نوع الزر الكهربائي ذو المجال ($0\ C^O - 50\ C^O$).
- تغذية ومراقبة حساس الضغط التفاضلي للماء.

- تغذية ومراقبة حساس الضغط الستاتيكي في قناة الهواء.
- تغذية ومراقبة حساس الضغط الستاتيكي للمكان.
- تغذية ومراقبة حساس الرطوبة النسبية للهواء الخارجي.
- تغذية ومراقبة حساس الرطوبة النسبية الموجودة في قناة الهواء.
- تغذية ومراقبة حساس معدل تدفق الهواء الخارج من المروحة.
- مراقبة استخدام الآلات على لوحة التحكم بوحدة تبريد الماء.
- تغذية ومراقبة حساس ضغط البخار والمرسل.
- تغذية حساس درجة حرارة نقطة الندى للهواء الخارجي والمرسل.
- تغذية ومراقبة حساس ثاني أكسيد الكربون والمرسل.
- تغذية ومراقبة مقياس تدفق الماء الدخل إلى التوربين.
- تغذية ومراقبة حساس مستوى الإضاءة المحيطة.
- تغذية ومراقبة حساس ضغط الماء الداخلي والمرسل.
- مراقبة إشارات التغذية ذات التيارات 4-20 mA أو الجهود 0 - 10 vdc .
- تغذية ومراقبة وضعية معدل تدفق الهواء ومرسل الضغط التفاضلي.
- تغذية ومراقبة حساس الرطوبة النسبية للمكان الحائطي والمرسل.
- تغذية ومراقبة حساس درجة حرارة الثيرمو ذو المجال ($0\ C^O - 50\ C^O$).

٧. العمود الثامن يشير إلى الخروج التشابهية Analog Outputs (AO) والتي ترمز إلى التالي:

- تغذية خرج تحكم BMS المنظِّم لمشغل الصمام.
- تغذية خرج تحكم BMS المنظِّم لمشغل المخمد.
- تغذية خرج تحكم BMS المنظِّم لـــ VSD للمحرك الكهربائي من أجل التحكم بالسرعة.
- تغذية خرج تحكم BMS المنظِّم لإشارة تصفير القيمة المرجعية لدرجة حرارة الماء المبرَّد في لوحة التحكم بالمبرِّد.
- تغذية خرج تحكم BMS المنظِّم لإشارة تحديد KVA المبرِّد.
- العمود الثامن يشير إلى حاجة واجهة المكونات الصلبة، وهذه الأجهزة لا تراقب من قبل BMS إلا إذا أشير إليها في أي عمود من الأعمدة السابقة.

٨. ترمز ترابطات المكونات الصلبة إلى التالي:

- ترابط تغذية حساس الضغط التفاضلي للماء للتحقق من التدفق عبر مكونات المبرِّد وذلك لمنع وحدة تبريد الماء من التشغيل ما لم يتدفق الماء.
- ترابط تغذية حساس الضغط التفاضلي للهواء لإغلاق المروحة المرتبطة معه في حالة حدوث ضغط ساكن مرتفع في قناة الهواء.

- ترابط تغذية المكونات الصلبة لمروحة الراجع بالإقلاع أو التوقف مع محرك مروحة الإمداد، أي ترابط تغذية المكونات الصلبة المربوطة داخل الجزء الآلي لدارة التحكم بمحرك مروحة الراجع (يدوي/ توقف/ آلي).
- تغذية حساس النهاية للمخمد المترابط مع مقلع أو VSD المحرك المرتبط معه، لمنع المراوح من العمل حتى تفتح المخمدات بشكل كامل.
- تغذية جهاز كشف درجة الحرارة المنخفضة المترابط مع دارة التحكم بمحرك مروحة الإمداد لتوقيف المروحة في حال الحرارة المنخفضة. أي تغذية جهاز الأمان المترابط داخل دارة التحكم بالمحرك (يدوي/ توقف/ آلي) لمنع تشغيل المروحة في الوضع اليدوي أو الآلي في حال درجة الحرارة منخفضة.
- ترابط تغذية حساس الضغط التفاضلي للهواء للتوقيف المروحة المرتبطة معه في حال حدوث ضغط سكن عالٍ في القناة.

٩. العمود العاشر يشير إلى الحاجة لواجهة اتصالات رقمية communications interface(CI) للمقاييس والمتحكمات.

١٠. العمود الحادي عشر يشير إلى الملاحظات NOTES (معلومات إضافية) وترمز إلى ما يلي:

- مراقبة الضغط الساكن السالب في قناة هواء العادم، طبقاً لمجال الإشارة.
- نقطة الحساب الآلي لـــ BMS، تغذي مراقبة BMS لمقاييس معدل تدفق البخار (المجال العالي والمجال المنخفض)، أما درجة حرارة وضغط البخار فتغذى من قبل مصادر أخرى. إن BMS يسجل قياسات تدفق البخار بشكل آلي ضمن مجال عمله. يستخدم BMS المقياس المختار لحساب معدل تدفق البخار واستهلاك طاقة البخار، وذلك لمراقبتهما وإظهارهما. يستفيد BMS من قيم درجة حرارة البخار وضغطه وبياناته لحساب قيم طاقة البخار. يجمع BMS تدفق البخار وطاقته المستهلكة ويحمل القيم المجموعة إلى حاسب BMS المركزي.
- مراقبة الإنذارات المتعددة وإظهارها كإنذار على BMS. حيث تغذى من قبل مصادر أخرى.

الملحق (٢-٢): يبين نقاط نظام BMS للتحكم بوحدة معالجة الهواء ذات حجم ثابت لهواء التغذية (AH1).

الرمز	شرح الرمز باللغة الإنكليزية	شرح الرمز بالغة العربية	DI	DO	AI	AO	HI
SFC	SUPPLY FAN CONTROL	التحكم بمروحة التغذية		1			
SFS	SUPPLY FAN STATUS	حالات مروحة التغذية	1				
RFC	RETURN FAN CONTROL	التحكم بمروحة الراجع		1			
RFS	RETURN FAN STATUS	حالات مروحة الراجع	1				
HPC	PUMP CONTROL	التحكم بالمضخة الحرارية		1			

HPS	PUMP STATUS	حالات المضخة الحرارية	1				
DC	DAMPER CONTROL	التحكم بالمخمد				2	
HCC	HEATING COIL VALVE CONTROL	التحكم بصمام ملف التسخين				1	
CCC	COOLING COIL VALVE CONTROL	التحكم بصمام ملف التبريد				1	
HVC	HUMIDIFIER STEAM VALVE CONTROL	التحكم بصمام بخار المرطب				1	
HSJ	HUMIDIFIER STEAM JACKET VALVE CONTROL	التحكم بصمام غلاف بخار المرطب		3			
SAT	SUPPLY AIR TEMPERATURE	درجة حرارة هواء التغذية			1		
RAT	RETURN AIR TEMPERATURE	درجة حرارة الهواء الراجع			1		
MAT	MIXED AIR TEMPERATURE	درجة حرارة هواء المزج			2		
SARH	SUPPLY AIR RELATIVE HUMIDITY	الرطوبة النسبية لهواء التغذية			11		
RARH	RETURN AIR RELATIVE HUMIDITY	الرطوبة النسبية للهواء الراجع			11		
ST(X)	SPACE TEMPERATURE	درجة حرارة الموقع المراد التحكم به			5		
SRH(X)	SPACE RELATIVE HUMIDITY	الرطوبة النسبية للموقع المراد التحكم به			22		
FS	FILTER STATUS	حالات المرشح	5				
LT	LOW TEMPERATURE DETECTION DEVICE	جهاز كشف درجة الحرارة المنخفضة	6				5

الملحق (٢-٣): يبين نقاط نظام BMS للتحكم بوحدة معالجة الهواء ذات حجم ثابت لهواء التغذية (AH2).

الرمز	شرح الرمز باللغة الإنكليزية	شرح الرمز بالغة العربية	DI	DO	AI	AO	HI
SFC	SUPPLY FAN CONTROL	التحكم بمروحة التغذية		1			
SFS	SUPPLY FAN STATUS	حالات مروحة التغذية	1				
RFC	RETURN FAN INTERLOCK	التحكم بمروحة الراجع					3

RFS	RETURN FAN STATUS	حالات مروحة الراجع	1				
HPC	PUMP CONTROL	التحكم بالمضخة الحرارية		1			
HPS	PUMP STATUS	حالات المضخة الحرارية	1				
DC	DAMPER CONTROL	التحكم بالمخمد				2	
HCC	HEATING COIL VALVE CONTROL	التحكم بصمام ملف التسخين				1	
CCC	COOLING COIL VALVE CONTROL	التحكم بصمام ملف التبريد				1	
HVC	HUMIDIFIER STEAM VALVE CONTROL	التحكم بصمام بخار المرطب				1	
HSJ	HUMIDIFIER STEAM JACKET VALVE CONTROL	التحكم بصمام غلاف بخار المرطب		3			
SAT	SUPPLY AIR TEMPERATURE	درجة حرارة هواء التغذية			1		
RAT	RETURN AIR TEMPERATURE	درجة حرارة الهواء الراجع			1		
MAT	MIXED AIR TEMPERATURE	درجة حرارة هواء المزج			2		
SARH	SUPPLY AIR RELATIVE HUMIDITY	الرطوبة النسبية لهواء التغذية			11		
RARH	RETURN AIR RELATIVE HUMIDITY	الرطوبة النسبية للهواء الراجع			11		
ST(X)	SPACE TEMPERATURE	درجة حرارة الموقع المراد التحكم به			5		
SRH(X)	SPACE RELATIVE HUMIDITY	الرطوبة النسبية للموقع المراد التحكم به			22		
FS	FILTER STATUS	حالات المرشح	5				
LT	LOW TEMPERATURE DETECTION DEVICE	جهاز كشف درجة الحرارة المنخفضة	6				5

الملحق (٢-٤): يبين نقاط نظام BMS للتحكم بوحدة معالجة الهواء ذات حجم هواء التغذية المتغير(AH3).

الرمز	شرح الرمز باللغة الإنكليزية	شرح الرمز بالغة العربية	DI	DO	AI	AO	HI
SFC	SUPPLY FAN CONTROL	التحكم بمروحة التغذية		1			

SFS	SUPPLY FAN STATUS	حالات مروحة التغذية	1					
SFSC	SUPPLY FAN SPEED CONTROL	التحكم بسرعة مروحة التغذية				3		
SFSA	SUPPLY FAN SPEED DRIVE FAULT ALARM	الإنذار عن تعطل قيادة سرعة مروحة التغذية	4					
RFC	RETURN FAN CONTROL	التحكم بمروحة الراجع		1				
RFS	RETURN FAN STATUS	حالات مروحة الراجع	1					
RFSC	RETURN FAN SPEED CONTROL	التحكم بسرعة مروحة الراجع				3		
RFSA	RETURN FAN SPEED DRIVE FAULT ALARM	الإنذار عن تعطل قيادة سرعة مروحة الراجع	4					
HPC	PUMP CONTROL	التحكم بالمضخة الحرارية		1				
HPS	PUMP STATUS	حالات المضخة الحرارية	1					
DC	DAMPER CONTROL	التحكم بمخمد المزج				2		
HCC	HEATING COIL VALVE CONTROL	التحكم بصمام ملف التسخين				1		
CCC	COOLING COIL VALVE CONTROL	التحكم بصمام ملف التبريد				1		
HVC	HUMIDIFIER STEAM VALVE CONTROL	التحكم بصمام بخار المرطب				1		
HSJ	HUMIDIFIER STEAM JACKET VALVE CONTROL	التحكم بصمام حوجلة بخار المرطب		3				
SAT	SUPPLY AIR TEMPERATURE	درجة حرارة هواء التغذية			1			
RAT	RETURN AIR TEMPERATURE	درجة حرارة الهواء الراجع			1			
MAT	MIXED AIR TEMPERATURE	درجة حرارة هواء المزج			2			
SARH	SUPPLY AIR RELATIVE HUMIDITY	الرطوبة النسبية لهواء التغذية			11			
SASP	SUPPLY AIR STATIC PRESSURE	الضغط الساكن لهواء التغذية			8			
RARH	RETURN AIR RELATIVE HUMIDITY	الرطوبة النسبية للهواء الراجع			11			
ST(X)	SPACE TEMPERATURE	درجة حرارة الموقع المراد التحكم به			5			

SRH(X)	SPACE RELATIVE HUMIDITY	الرطوبة النسبية للموقع المراد التحكم به			22		
FS	FILTER STATUS	حالات المرشح	5				
LT	LOW TEMPERATURE DETECTION DEVICE	جهاز كشف درجة الحرارة المنخفضة	6				5
SSHL	SUPPLY AIR STATIC PRESSURE HIGH LIMIT	الحد العالي للضغط الساكن لهواء التغذية	13				2
RSHL	RETURN AIR STATIC PRESSURE HIGH LIMIT	الحد العالي للضغط الساكن للهواء الراجع	13				2

الملحق (٢-٥): يبين نقاط نظام BMS للتحكم بوحدة معالجة الهواء ذات حجم الهواء الخارجي المتغير (AH4).

الرمز	شرح الرمز باللغة الإنكليزية	شرح الرمز بالغة العربية	DI	DO	AI	AO	HI
SFC	SUPPLY FAN CONTROL	التحكم بمروحة التغذية		1			
SFS	SUPPLY FAN STATUS	حالات مروحة التغذية	1				
SFSC	SUPPLY FAN SPEED CONTROL	التحكم بمروحة التغذية				3	
SFSA	SUPPLY FAN SPEED DRIVE FAULT ALARM	الإنذار عن تعطل قيادة سرعة مروحة التغذية	4				
EFC	EXHAUST FAN CONTROL	التحكم بمروحة العادم		1			
EFS	EXHAUST FAN STATUS	حالات مروحة العادم	1				
EFSC	EXHAUST FAN SPEED CONTROL	التحكم بسرعة مروحة العادم				3	
EFSA	EXHAUST FAN SPEED DRIVE FAULT ALARM	الإنذار عن تعطل قيادة سرعة مروحة العادم	4				
HPC	PUMP CONTROL	التحكم بالمضخة الحرارية		1			
HPS	PUMP STATUS	حالات المضخة الحرارية	1				
OADI	OUTSIDE AIR DAMPER INTERLOCK	ترابط مخمد الهواء الخارجي					4
EDI	EXHAUST AIR DAMPER INTERLOCK	ترابط مخمد هواء العادم					4

HCC	HEATING COIL VALVE CONTROL	التحكم بصمام ملف التسخين				1	
CCC	COOLING COIL VALVE CONTROL	التحكم بصمام ملف التبريد				1	
HVC	HUMIDIFIER STEAM VALVE CONTROL	التحكم بصمام بخار المرطب				1	
HSJ	HUMIDIFIER STEAM JACKET VALVE CONTROL	التحكم بصمام غلاف بخار المرطب		3			
SAT	SUPPLY AIR TEMPERATURE	درجة حرارة هواء التغذية			1		
RAT	RETURN AIR TEMPERATURE	درجة حرارة الهواء الراجع			1		
MAT	MIXED AIR TEMPERATURE	درجة حرارة هواء المزج			2		
SARH	SUPPLY AIR RELATIVE HUMIDITY	الرطوبة النسبية لهواء التغذية			11		
SASP	SUPPLY AIR STATIC PRESSURE	الضغط الساكن لهواء التغذية			8		
EASP	EXHAUST AIR STATIC PRESSURE	الضغط الساكن لهواء العادم			8		
RARH	RETURN AIR RELATIVE HUMIDITY	الرطوبة النسبية للهواء الراجع			11		
ST(X)	SPACE TEMPERATURE	درجة حرارة الموقع المراد التحكم به			5		
SRH(X)	SPACE RELATIVE HUMIDITY	الرطوبة النسبية للموقع المراد التحكم به			22		
FS	FILTER STATUS	حالات المرشح	5				
LT	LOW TEMPERATURE DETECTION DEVICE	جهاز كشف درجة الحرارة المنخفضة	6				5
SSHL	SUPPLY AIR STATIC PRESSURE HIGH LIMIT	الحد العالي للضغط الساكن لهواء التغذية	13				2
ESHL	EXHAUST AIR STATIC PRESSURE LOW LIMIT	الحد العالي للضغط الساكن لهواء العادم	13				2

الملحق (٢-٦): يبين نقاط نظام BMS للتحكم بوحدة الــ Fan Coil (AH5).

الرمز	شرح الرمز باللغة الإنكليزية	شرح الرمز بالغة العربية	DI	DO	AI	AO	HI
SFC	SUPPLY FAN CONTROL	التحكم بمروحة التغذية		1			
SFS	SUPPLY FAN STATUS	حالات مروحة التغذية	1				
OADI	OUTSIDE AIR DAMPER INTERLOCK	ترابط مخمد الهواء الخارجي					4
HPC	PUMP CONTROL	التحكم بالمضخة الحرارية		1			
HPS	PUMP STATUS	حالات المضخة الحرارية	1				
HCC	HEATING COIL VALVE CONTROL	التحكم بصمام ملف التسخين				1	
SAT	SUPPLY AIR TEMPERATURE	درجة حرارة هواء التغذية			1		
ST	SPACE TEMPERATURE	درجة حرارة الموقع المراد التحكم به			5		
FS	FILTER STATUS	حالات المرشح	5				
LT	LOW TEMPERATURE DETECTION DEVICE	جهاز كشف درجة الحرارة المنخفضة	6				5

الملحق (٢-٧): يبين نقاط نظام BMS للتحكم بالوحدة العلوية السقفية(AH6) ROOFTOP SELF CONTAINED AC UNIT

الرمز	شرح الرمز باللغة الإنكليزية	شرح الرمز بالغة العربية	DI	DO	AI	AO	HI
ACC	AC UNIT ENABLE/DISABLE CONTROL	التحكم بتفعيل وحدة AC		7			
ACS	AC UNIT STATUS	حالات وحدة AC	1				
ACA	AC UNIT COMMON ALARM	الإنذارات العامة لوحدة AC	2				
SAT	SUPPLY AIR TEMPERATURE	درجة حرارة هواء التغذية			1		

الملحق (٣):

الملحق (٣-١): يبين نقاط نظام BMS للتحكم بتأمين الماء المبرَّد ومراقبته. CHILLED WATER (CW) AND CONDENSER WATER (CSR) SYSTEMS

الرمز	شرح الرمز باللغة الإنكليزية	شرح الرمز بالغة العربية	DI	DO	AI	AO	HI
CHC	CHILLER ENABLE/DISABLE CONTROL	التحكم بتفعيل المبرد		5			
CHS	CHILLER STATUS	حالة المبرد	2				
CHA	CHILLER COMMON FAULT ALARM	إنذار عن عطل عام في المبرد	2				
CWSR	CHILLED WATER SETPOINT RESET SIGNAL	إشارة إعادة ضبط الماء المبرد				4	
CCDL	CHILLER CURRENT DEMAND LIMIT SIGNAL	إشارة الحد المطلوب الحالية للمبرد١				5	
CWP1C	CHILLED WATER PUMP1 CONTROL	التحكم بمضخة الماء المبرَّد الأولى		1			
CWP1 S	CHILLED WATER PUMP1 STATUS	حالة مضخة الماء المبرَّد الأولى	1				
CWP2C	CHILLED WATER PUMP2 CONTROL	التحكم بمضخة الماء المبرَّد الثانية		1			
CWP2S	CHILLED WATER PUMP2 STATUS	حالة مضخة الماء المبرد الثانية	1				
CSRP1C	CONDENSER WATER PUMP1 CONTROL	التحكم بمضخة الماء الأولى للمكثفات		1			
CSRP1S	CONDENSER WATER PUMP1 STATUS	حالة مضخة الماء الأولى للمكثفات	1				
CSRP2C	CONDENSER WATER PUMP2 CONTROL	التحكم بمضخة الماء الثانية للمكثفات		1			
CSRP2S	CONDENSER WATER PUMP2 STATUS	حالة مضخة الماء الثانية للمكثفات	1				
CTFLSC	COOLING TOWER FAN LOW SPEED CONTROL	التحكم بالسرعة المنخفضة لمروحة برج التبريد الأولى		4			
CTFLSS	COOLING TOWER FAN LOW	حالة السرعة المنخفضة لمروحة	1				

	SPEED STATUS	برج التبريد الأولى					
CTFHSC	COOLING TOWER FAN HIGH SPEED CONTROL	التحكم بالسرعة العالية لمروحة برج التبريد الأولى		4			
CTFHSS	COOLING TOWER FAN HIGH SPEED STATUS	حالة السرعة العالية لمروحة برج التبريد الأولى	1				
CWST	CHILLED WATER SUPPLY TEMPERATURE	درجة حرارة الماء المبرَّد الذاهب			23		
CWRT	FLOORS CHILLED WATER RETURN TEMPERATURE	درجة حرارة الماء المبرَّد الراجع			23		
CSRST	CONDENSER WATER SUPPLY TEMPERATURE	درجة حرارة الماء المبرَّد الذاهب إلى المكثف			3		
CSRRT	CONDENSER WATER RETURN TEMPERATURE	درجة حرارة الماء المبرَّد الراجع من المكثف			3		
CTSL	COOLING TOWER SUMP LEVEL ALARM	منبه عن مستوى الماء في حوض برج التبريد	8				
CTLTA	COOLING TOWER SUMP LOW TEMPERATURE ALARM	منبه عن درجة حرارة الماء المنخفضة في حوض برج التبريد	7				
FS	WATER FLOW SWITCH	حساس تدفق الماء					1

الملحق (٣-٢): يبين نقاط نظام BMS للتحكم بتأمين الماء المبرَّد ومراقبته على النظام المركب في المجمع البلدي.

الرمز	شرح الرمز باللغة الإنكليزية	شرح الرمز بالغة العربية	DI	DO	AI	AO	HI
CH1C	CHILLER1 ENABLE/DISABLE CONTROL	التحكم بتفعيل المبرد ١		5			
CH2C	CHILLER2 ENABLE/DISABLE CONTROL	التحكم بتفعيل المبرد ٢		5			
CH1S	CHILLER1 STATUS	حالة المبرد١	2				
CH2S	CHILLER2 STATUS	حالة المبرد٢	2				

CH1A	CHILLER1 COMMON FAULT ALARM	إنذار عن عطل عام في المبرد١	2					
CH2A	CHILLER2 COMMON FAULT ALARM	إنذار عن عطل عام في المبرد٢	2					
CWS1R	CHILLED WATER SETPOINT1 RESET SIGNAL	إشارة إعادة ضبط الماء المبرد١				1		
CWS2R	CHILLED WATER SETPOINT2 RESET SIGNAL	إشارة إعادة ضبط الماء المبرد٢				1		
C1CDL	CHILLER1 CURRENT DEMAND LIMIT SIGNAL	إشارة الحد المطلوب الحالية للمبرد١				1		
C2CDL	CHILLER2 CURRENT DEMAND LIMIT SIGNAL	إشارة الحد المطلوب الحالية للمبرد٢				1		
PM1	PRESSURE MEASUREMENT 1	مقياس ضغط ماء التغذية للطوابق الخمسة الأولى والخدمات			1			
PM2	PRESSURE MEASUREMENT 2	مقياس ضغط الماء الراجع للطوابق الخمسة الأولى والخدمات			1			
PM3	PRESSURE MEASUREMENT 3	مقياس ضغط ماء التغذية للطوابق العليا			1			
PM4	PRESSURE MEASUREMENT 4	مقياس ضغط الماء الراجع للطوابق العليا			1			
CWP11C	CHILLED WATER PUMP11 CONTROL	التحكم بمضخة الماء المبرَّد الأولى للطوابق الخمسة الأولى والخدمات		1				
CWP11S	CHILLED WATER PUMP11 STATUS	حالة مضخة الماء المبرَّد الأولى للطوابق الخمسة الأولى والخدمات	1					
CWP12C	CHILLED WATER PUMP12 CONTROL	التحكم بمضخة الماء المبرَّد		1				

		الثانية للطوابق الخمسة الأولى والخدمات					
CWP12S	CHILLED WATER PUMP12 STATUS	حالة مضخة الماء المبرد الثانية للطوابق الخمسة الأولى والخدمات	1				
CWP13C	CHILLED WATER PUMP13 CONTROL	التحكم بمضخة الماء المبرد الثالثة للطوابق الخمسة الأولى والخدمات		1			
CWP13S	CHILLED WATER PUMP13 STATUS	حالة مضخة الماء المبرد الثالثة للطوابق الخمسة الأولى والخدمات	1				
CWP21C	CHILLED WATER PUMP21 CONTROL	التحكم بمضخة الماء المبرد الأولى للطوابق العليا		1			
CWP21S	CHILLED WATER PUMP21 STATUS	حالة مضخة الماء المبرد الأولى لطوابق البرج	1				
CWP22C	CHILLED WATER PUMP22 CONTROL	التحكم بمضخة الماء المبرد الثانية للطوابق العليا		1			
CWP22S	CHILLED WATER PUMP22 STATUS	حالة مضخة الماء المبرد الثانية للطوابق العليا	1				
CWP23C	CHILLED WATER PUMP23 CONTROL	التحكم بمضخة الماء المبرد الثالثة لطوابق البرج		1			
CWP23S	CHILLED WATER PUMP23 STATUS	حالة مضخة الماء المبرد الثالثة للطوابق العليا	1				
CSRP31C	CONDENSER WATER PUMP31 CONTROL	التحكم بمضخة الماء الأولى للمكثفات		1			
CSRP31S	CONDENSER WATER PUMP31 STATUS	حالة مضخة الماء الأولى للمكثفات	1				
CSRP32C	CONDENSER WATER PUMP32 CONTROL	التحكم بمضخة الماء الثانية للمكثفات		1			

CSRP32S	CONDENSER WATER PUMP32 STATUS	حالة مضخة الماء الثانية للمكثفات	1				
CSRP33C	CONDENSER WATER PUMP33 CONTROL	التحكم بمضخة الماء الثالثة للمكثفات		1			
CSRP33S	CONDENSER WATER PUMP33 STATUS	حالة مضخة الماء الثالثة للمكثفات	1				
CT1F1LSC	COOLING TOWER1 FAN1 LOW SPEED CONTROL	التحكم بالسرعة المنخفضة لمروحة برج التبريد١ الأولى		2			
CT1F1LSS	COOLING TOWER1 FAN1 LOW SPEED STATUS	حالة السرعة المنخفضة لمروحة برج التبريد١ الأولى	1				
CT1F1HSC	COOLING TOWER1 FAN1 HIGH SPEED CONTROL	التحكم بالسرعة العالية لمروحة برج التبريد١ الأولى		2			
CT1F1HSS	COOLING TOWER1 FAN HIGH SPEED STATUS	حالة السرعة العالية لمروحة برج التبريد١ الأولى	1				
CT1F2LSC	COOLING TOWER1 FAN2 LOW SPEED CONTROL	التحكم بالسرعة المنخفضة لمروحة برج التبريد١ الثانية		2			
CT1F2LSS	COOLING TOWER1 FAN2 LOW SPEED STATUS	حالة السرعة المنخفضة لمروحة برج التبريد١ الثانية	1				
CT1F2HSC	COOLING TOWER1 FAN2 HIGH SPEED CONTROL	التحكم بالسرعة العالية لمروحة برج التبريد١ الثانية		2			
CT1F2HSS	COOLING TOWER1 FAN2 HIGH SPEED STATUS	حالة السرعة العالية لمروحة برج التبريد١ الثانية	1				
CT1F3LSC	COOLING TOWER1 FAN3 LOW SPEED CONTROL	التحكم بالسرعة المنخفضة لمروحة برج التبريد١ الثالثة		2			
CT1F3LSS	COOLING TOWER1 FAN3 LOW SPEED STATUS	حالة السرعة المنخفضة لمروحة برج التبريد١ الثالثة	1				
CT1F3HSC	COOLING TOWER1 FAN3 HIGH SPEED CONTROL	التحكم بالسرعة العالية لمروحة برج التبريد١ الثالثة		2			
CT1F3HSS	COOLING TOWER1 FAN3	حالة السرعة العالية لمروحة	1				

	HIGH SPEED STATUS	برج التبريد١ الثالثة					
CT2F1LSC	COOLING TOWER2 FAN1 LOW SPEED CONTROL	التحكم بالسرعة المنخفضة لمروحة برج التبريد١ الأولى		2			
CT2F1LSS	COOLING TOWER2 FAN1 LOW SPEED STATUS	حالة السرعة المنخفضة لمروحة برج التبريد١ الأولى	1				
CT2F1HSC	COOLING TOWER2 FAN1 HIGH SPEED CONTROL	التحكم بالسرعة العالية لمروحة برج التبريد١ الأولى		2			
CT2F1HSS	COOLING TOWER2 FAN HIGH SPEED STATUS	حالة السرعة العالية لمروحة برج التبريد١ الأولى	1				
CT2F2LSC	COOLING TOWER2 FAN2 LOW SPEED CONTROL	التحكم بالسرعة المنخفضة لمروحة برج التبريد١ الثانية		2			
CT2F2LSS	COOLING TOWER2 FAN2 LOW SPEED STATUS	حالة السرعة المنخفضة لمروحة برج التبريد١ الثانية	1				
CT2F2HSC	COOLING TOWER2 FAN2 HIGH SPEED CONTROL	التحكم بالسرعة العالية لمروحة برج التبريد١ الثانية		2			
CT2F2HSS	COOLING TOWER2 FAN2 HIGH SPEED STATUS	حالة السرعة العالية لمروحة برج التبريد١ الثانية	1				
CT2F3LSC	COOLING TOWER2 FAN3 LOW SPEED CONTROL	التحكم بالسرعة المنخفضة لمروحة برج التبريد١ الثالثة		2			
CT2F3LSS	COOLING TOWER2 FAN3 LOW SPEED STATUS	حالة السرعة المنخفضة لمروحة برج التبريد١ الثالثة	1				
CT2F3HSC	COOLING TOWER2 FAN3 HIGH SPEED CONTROL	التحكم بالسرعة العالية لمروحة برج التبريد١ الثالثة		2			
CT2F3HSS	COOLING TOWER2 FAN3 HIGH SPEED STATUS	حالة السرعة العالية لمروحة برج التبريد١ الثالثة	1				
FCWST	FLOORS CHILLED WATER SUPPLY TEMPERATURE	درجة حرارة الماء المبرَّد الذاهب إلى الطوابق الخمسة الأولى والخدمات			1		

FCWRT	FLOORS CHILLED WATER RETURN TEMPERATURE	درجة حرارة الماء المبرَّد الراجع من الطوابق الخمسة الأولى والخدمات			1		
TCWST	TOWER CHILLED WATER SUPPLY TEMPERATURE	درجة حرارة الماء المبرَّد الذاهب إلى الطوابق العليا			1		
TCWRT	TOWER CHILLED WATER RETURN TEMPERATURE	درجة حرارة الماء المبرَّد الراجع من الطوابق العليا			1		
C1SRST	CONDENSER1 WATER SUPPLY TEMPERATURE	درجة حرارة الماء المبرَّد الذاهب إلى المكثف١			1		
C1SRRT	CONDENSER1 WATER RETURN TEMPERATURE	درجة حرارة الماء المبرَّد الراجع من المكثف١			1		
C2SRST	CONDENSER2 WATER SUPPLY TEMPERATURE	درجة حرارة الماء المبرَّد الذاهب إلى المكثف٢			1		
C2SRRT	CONDENSER2 WATER RETURN TEMPERATURE	درجة حرارة الماء المبرَّد الراجع من المكثف٢			1		
CT1SL	COOLING TOWER1 SUMP LEVEL ALARM	منبه عن مستوى الماء في حوض برج التبريد١	1				
CT2SL	COOLING TOWER2 SUMP LEVEL ALARM	منبه عن مستوى الماء في حوض برج التبريد٢	1				
CT1LTA	COOLING TOWER1 SUMP LOW TEMPERATURE ALARM	منبه عن درجة حرارة الماء المنخفضة في حوض برج التبريد١	1				
CT2LTA	COOLING TOWER2 SUMP LOW TEMPERATURE ALARM	منبه عن درجة حرارة الماء المنخفضة في حوض برج التبريد٢	1				
FS	WATER FLOW SWITCH	حساس تدفق الماء					1

الملحق (٣-٣): يبين نقاط نظام BMS للتحكم بتأمين الماء الساخن ومراقبته. SUPPLY HOT WATER SYSTEM (SHW)

الرمز	شرح الرمز باللغة الإنكليزية	شرح الرمز باللغة العربية	DI	DO	AI	AO	HI
HWP1C	HOT WATER PUMP1 CONTROL	التحكم بمضخة الماء الساخن الأولى		1			
HWP1S	HOT WATER PUMP1 STATUS	حالة مضخة الماء الساخن الأولى	1				
HWP2C	HOT WATER PUMP2 CONTROL	التحكم بمضخة الماء الساخن الثانية		1			
HWP2S	HOT WATER PUMP2 STATUS	حالة مضخة الماء الساخن الثانية	1				
RP1C	RADIATION/REHEAT PUMP1 CONTROL	التحكم بمضخة تدوير الماء الساخن الأولى		1			
RP1S	RADIATION/REHEAT PUMP1 STATUS	حالة مضخة تدوير الماء الساخن الأولى	1				
RP2C	RADIATION/REHEAT PUMP2 CONTROL	التحكم بمضخة تدوير الماء الساخن الثانية		1			
RP2S	RADIATION/REHEAT PUMP2 STATUS	حالة مضخة تدوير الماء الساخن الثانية	1				
HV1C	STEAM CONTROL VALVE1	صمام التحكم بالبخار الأول				1	
HV2C	STEAM CONTROL VALVE2	صمام التحكم بالبخار الثاني				1	
RVC	RADIATION/REHEAT HOT WATER VALVE CONTROL	التحكم بصمام الماء الساخن المدور				1	
HWST	HOT WATER SUPPLY TEMPERATURE	درجة حرارة الماء الساخن الذاهب			3		
HWRT	HOT WATER RETURN TEMPERATURE	درجة حرارة الماء الساخن الراجع			3		
RWST	RADIATION/REHEAT HOT WATER SUPPLY TEMPERATURE	درجة حرارة الماء الساخن المدور			3		

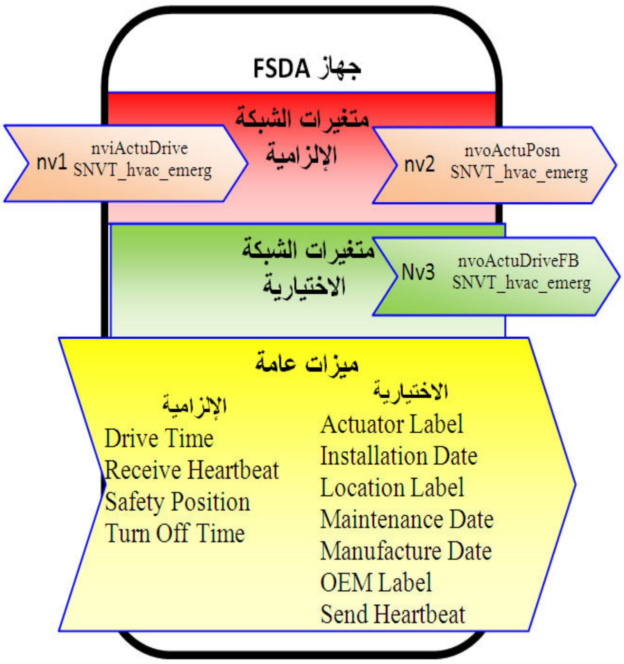
الملحق (٣-٤): يبين نقاط نظام BMS للتحكم بتأمين الماء الساخن للاستخدامات الداخلية ومراقبته.
DOMESTIC HOT WATER SYSTEM (DHW)

الرمز	شرح الرمز باللغة الإنكليزية	شرح الرمز بالغة العربية	DI	DO	AI	AO	HI
HWP1C	DOMESTIC HOT WATER PUMP1 CONTROL	التحكم بمضخة الماء الساخن		1			
HWP1S	DOMESTIC HOT WATER PUMP1 STATUS	حالة مضخة الماء الساخن	1				
DHWRT	DOMESTIC HOT WATER RETURN TEMPERATURE	درجة حرارة الماء الساخن الراجع			3		

الملحق(٥):

الملحق(٥-١): مداخل ومخارج جهاز مشغل مصراع دخان الحريق المرتبط مع BMS بالبرتوكول LONWORKS.

برامترات FSDA المرتبطة مع BMS .



تفاصيل متغيرات الشبكة لمشغل نافذة طرد دخان الحريق

متغير الشبكة	التسمية	نوع متغير الشبكة	وصف المتغير
1 (M)	nviActuDrive	SNVT_hvac_emerg	يتحكم بموقع المشغل
2 (M)	nvoActuPosn	SNVT_hvac_emerg	يظهر موقع المشغل
3 (O)	nvoActuDriveFb	SNVT_hvac_emerg	يظهر قيمة nviActuDrive لمزامنة أجهزة المصادر في العلاقات المتعددة

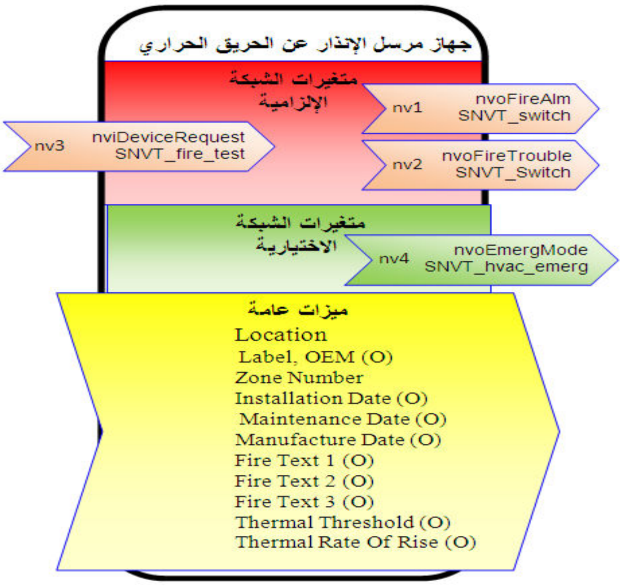
* M = mandatory(الزامي) , O = optional (اختياري)

السمات العامة لمشغل نافذة طرد دخان الحريق

لخواص العامة	التسمية	نوع متغير الشبكة	الوصف
(M)	SCPTdriveTime nciDriveT	SVNT_time_sec	يحتوي على زمن الإندفاع للمشغل
(M)	SCPTmaxRcvTime nciRcvrHrtBt	SVNT_time_sec	يضع الزمن الذي يستغرقه المشغل قبل أن يذهب آلياً إلى الموقع المضمون.
(M)	SCPTdirection nciSafetyPosn	SNVT_state	يحدد تطبيق المشغل
(M)	SCPToffDely nciTurnOffT	SNVT_elapsed_tm	يحتوي على زمن الإطفاء للمشغل
(M)	SCPTzoneNum nciTurnOffT	SCPTzoneNum nciTurnOffT	يحتوي عدد المناطق لجهاز المشغل
(O)	SCPTactuatorType nciActuLabel	SNVT_str_asc	يستخدم لوصف المشغل
(O)	SCPTinstallDate nciInstallDate	SNVT_time_stamp	تاريخ التركيب
(O)	SCPTlocation nciLocation	SNVT_str_asc	يستخدم لتقديم الموقع الطبيعي لــ FSDA أو العقدة
(O)	SCPTmaintDate nciMaintDate	SNVT_time_stamp	تاريخ الصيانة الأخيرة
(O)	SCPTmanfDate nciManfDate	SNVT_time_stamp	تاريخ التصنيع
(O)	SCPToemType nciOEMLabel	SNVT_str_asc	تفاصيل خاصة بالمنتج لــ FSDA أو العقدة
(O)	SCPTmaxSendTime nciMaxSendTime	SNVT_time_sec	الدور الأقصى قبل التحديث الآلي لمتغير الشبكة

الملحق(٥-٢): تمثيل مداخل ومخارج جهاز مرسل الإنذار عن الحريق الحراري والذي يدخل ضمن منظومة الــ BMS ، حيث تشكل المداخل والمخارج عقد على شبكة الــ BMS.

برامترات جهاز مرسل الإنذار عن الحريق المرتبطة مع الــBMS .



تفاصيل متغيرات الشبكة لجهاز مرسل الإنذار عن الحريق الحراري.

متغير الشبكة	التسمية	نوع متغير الشبكة	وصف المتغير
1 (M)	nvoFireAlm	SNVT_switch	يرسل معلومات عن الحريق
2 (M)	nvoFireTrouble	SNVT_switch	يرسل معلومات تتعلق بمشكلة بالمرسل
3 (M)	nviDeviceRequest	SNVT_fire_test	يرسل إلتماسات القصد منها البدء بعمل جهاز كاشف الحريق
4 (O)	nvoEmergMode	SNVT_hvac_emerg	يتحكم بوضعية المشغل للتحكم بالأدوات

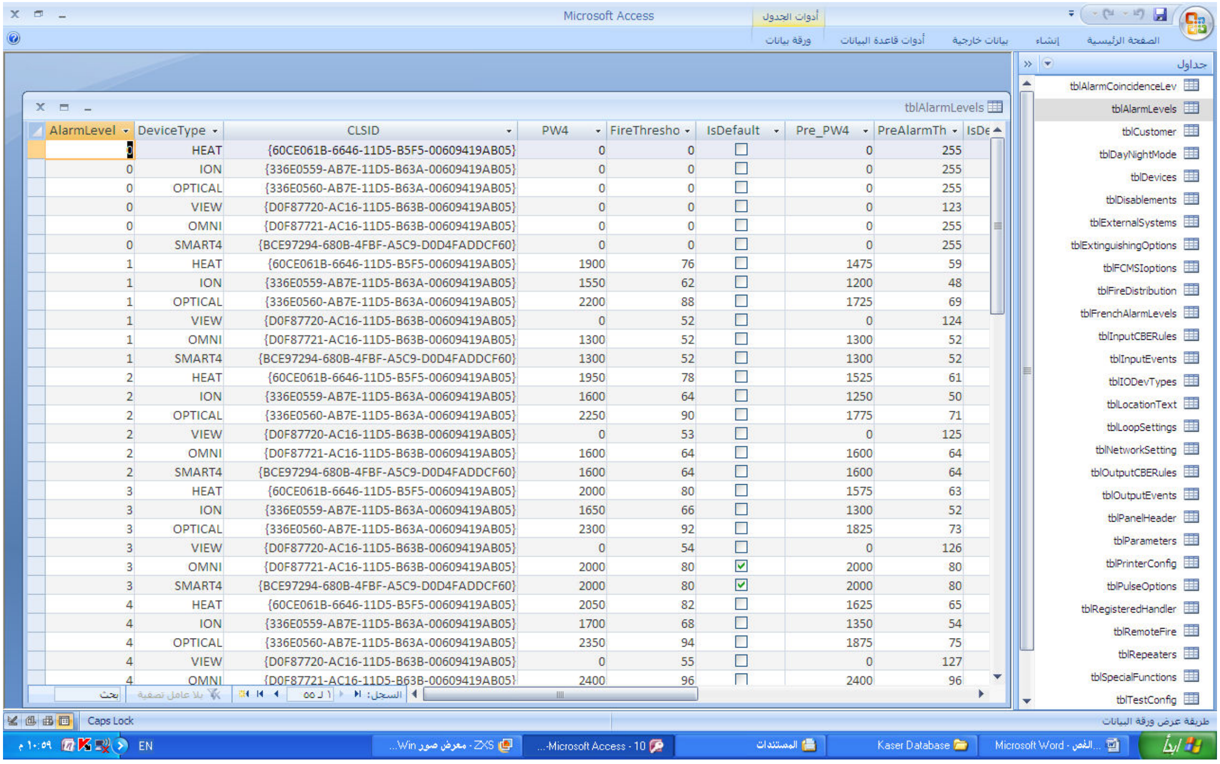
* M = mandatory(الزامي) , O = optional (اختياري)

السمات العامة لجهاز مرسل الإنذار عن الحريق الحراري

الخواص العامة	التسمية	نوع متغير الشبكة	الوصف
(O)	SCPTfireTxt1 nciFireText1	SNVT_str_asc	تسمح بقراءة المعلومات الخاصة بمنطقة الحريق
(O)	SCPTthermThresh nciThermalThresh	SNVT_temp	تحتوي عتبة عمل الإنذار الحراري
(O)	SCPTthermAlrmROR nciThermalROR	SNVT_temp_ror	يحتوي على معدل الإرتفاع الحراري

الملحق(٥-٣): قاعدة معطيات نظام الإنذار عن الحريق في المجمع البلدي بحلب.

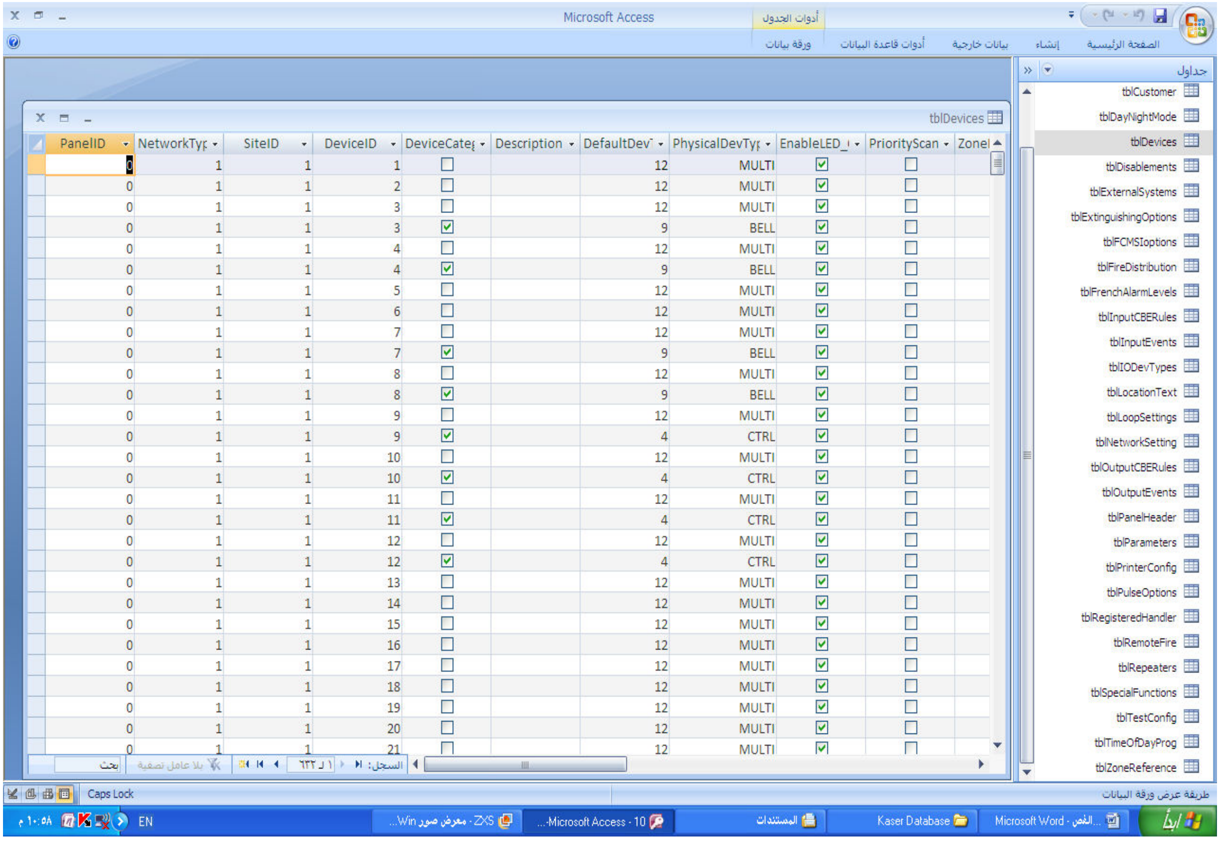
جدول قاعدة معطيات مستويات الإنذار tblAlarm Levels



tblAlarmLevels

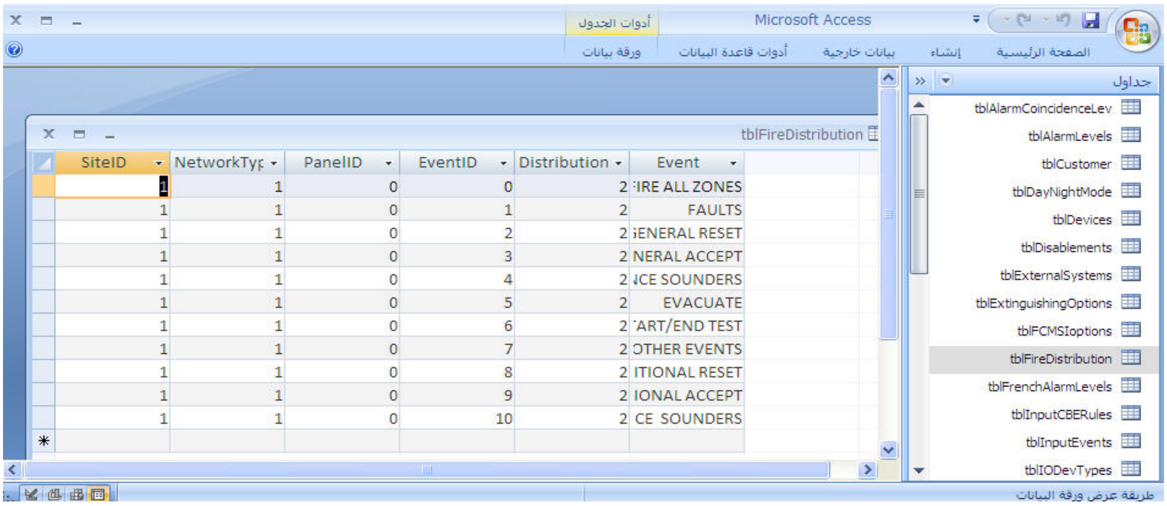
AlarmLevel	DeviceType	CLSID	PW4	FireThresho	IsDefault	Pre_PW4	PreAlarmTh	IsDe
0	HEAT	{60CE061B-6646-11D5-B5F5-00609419AB05}	0	0	☐	0	255	
0	ION	{336E0559-AB7E-11D5-B63A-00609419AB05}	0	0	☐	0	255	
0	OPTICAL	{336E0560-AB7E-11D5-B63A-00609419AB05}	0	0	☐	0	255	
0	VIEW	{D0F87720-AC16-11D5-B63B-00609419AB05}	0	0	☐	0	123	
0	OMNI	{D0F87721-AC16-11D5-B63B-00609419AB05}	0	0	☐	0	255	
0	SMART4	{BCE97294-680B-4FBF-A5C9-D0D4FADDCF60}	0	0	☐	0	255	
1	HEAT	{60CE061B-6646-11D5-B5F5-00609419AB05}	1900	76	☐	1475	59	
1	ION	{336E0559-AB7E-11D5-B63A-00609419AB05}	1550	62	☐	1200	48	
1	OPTICAL	{336E0560-AB7E-11D5-B63A-00609419AB05}	2200	88	☐	1725	69	
1	VIEW	{D0F87720-AC16-11D5-B63B-00609419AB05}	0	52	☐	0	124	
1	OMNI	{D0F87721-AC16-11D5-B63B-00609419AB05}	1300	52	☐	1300	52	
1	SMART4	{BCE97294-680B-4FBF-A5C9-D0D4FADDCF60}	1300	52	☐	1300	52	
2	HEAT	{60CE061B-6646-11D5-B5F5-00609419AB05}	1950	78	☐	1525	61	
2	ION	{336E0559-AB7E-11D5-B63A-00609419AB05}	1600	64	☐	1250	50	
2	OPTICAL	{336E0560-AB7E-11D5-B63A-00609419AB05}	2250	90	☐	1775	71	
2	VIEW	{D0F87720-AC16-11D5-B63B-00609419AB05}	0	53	☐	0	125	
2	OMNI	{D0F87721-AC16-11D5-B63B-00609419AB05}	1600	64	☐	1600	64	
2	SMART4	{BCE97294-680B-4FBF-A5C9-D0D4FADDCF60}	1600	64	☐	1600	64	
3	HEAT	{60CE061B-6646-11D5-B5F5-00609419AB05}	2000	80	☐	1575	63	
3	ION	{336E0559-AB7E-11D5-B63A-00609419AB05}	1650	66	☐	1300	52	
3	OPTICAL	{336E0560-AB7E-11D5-B63A-00609419AB05}	2300	92	☐	1825	73	
3	VIEW	{D0F87720-AC16-11D5-B63B-00609419AB05}	0	54	☐	0	126	
3	OMNI	{D0F87721-AC16-11D5-B63B-00609419AB05}	2000	80	☑	2000	80	
3	SMART4	{BCE97294-680B-4FBF-A5C9-D0D4FADDCF60}	2000	80	☑	2000	80	
4	HEAT	{60CE061B-6646-11D5-B5F5-00609419AB05}	2050	82	☐	1625	65	
4	ION	{336E0559-AB7E-11D5-B63A-00609419AB05}	1700	68	☐	1350	54	
4	OPTICAL	{336E0560-AB7E-11D5-B63A-00609419AB05}	2350	94	☐	1875	75	
4	VIEW	{D0F87720-AC16-11D5-B63B-00609419AB05}	0	55	☐	0	127	
4	OMNI	{D0F87721-AC16-11D5-B63B-00609419AB05}	2400	96	☐	2400	96	

جدول قاعدة معطيات الأجهزة tblDevices



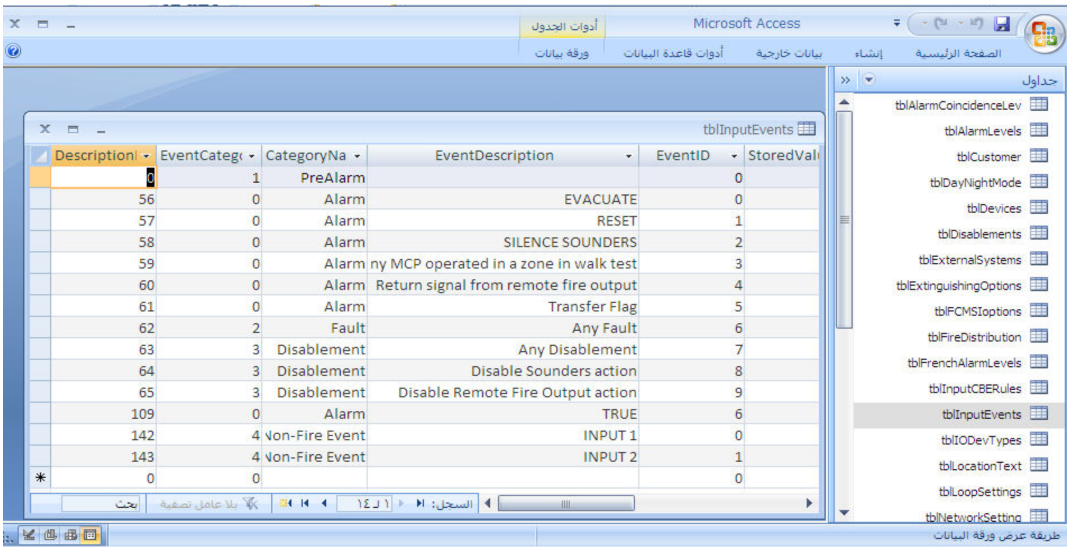
PanelID	NetworkTyp	SiteID	DeviceID	DeviceCate	Description	DefaultDev	PhysicalDevTy	EnableLED_	PriorityScan	Zone
0	1	1	1	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	2	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	3	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	3	☑		9	BELL	☑	☐	
0	1	1	4	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	4	☑		9	BELL	☑	☐	
0	1	1	5	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	6	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	7	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	7	☑		9	BELL	☑	☐	
0	1	1	8	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	8	☑		9	BELL	☑	☐	
0	1	1	9	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	9	☑		4	CTRL	☑	☐	
0	1	1	10	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	10	☑		4	CTRL	☑	☐	
0	1	1	11	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	11	☑		4	CTRL	☑	☐	
0	1	1	12	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	12	☑		4	CTRL	☑	☐	
0	1	1	13	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	14	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	15	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	16	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	17	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	18	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	19	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	20	☐		12	MULTI	☑	☐	
0	1	1	21	☐		12	MULTI	☑	☐	

جدول قاعدة معطيات توزيع الأحداث tblFire Distribution



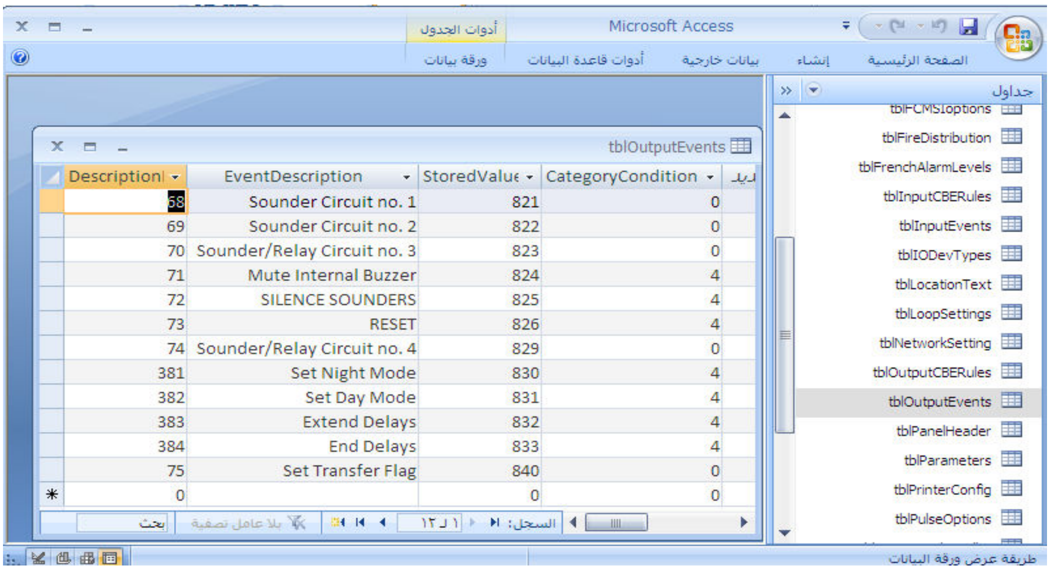
SiteID	NetworkTyp	PanelID	EventID	Distribution	Event
1	1	0	0	2	IRE ALL ZONES
1	1	0	1	2	FAULTS
1	1	0	2	2	;ENERAL RESET
1	1	0	3	2	NERAL ACCEPT
1	1	0	4	2	ICE SOUNDERS
1	1	0	5	2	EVACUATE
1	1	0	6	2	'ART/END TEST
1	1	0	7	2	OTHER EVENTS
1	1	0	8	2	ITIONAL RESET
1	1	0	9	2	IONAL ACCEPT
1	1	0	10	2	CE SOUNDERS

جدول قاعدة معطيات مداخل الأحداث tblInput Events



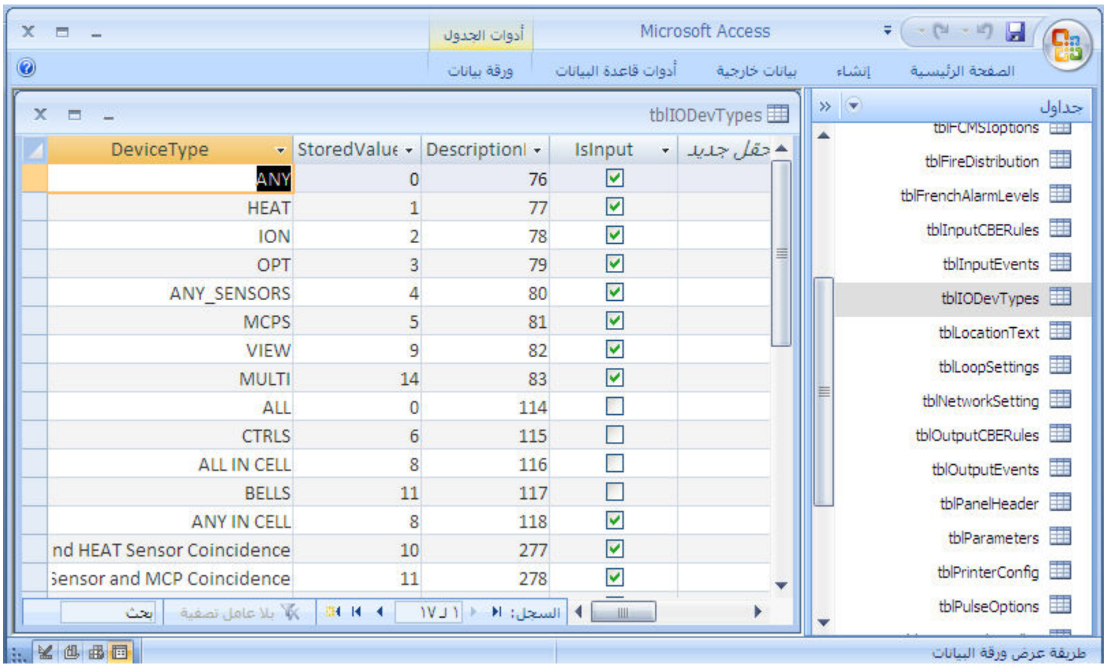
DescriptionI	EventCateg	CategoryNa	EventDescription	EventID	StoredVal
0	1	PreAlarm		0	
56	0	Alarm	EVACUATE	0	
57	0	Alarm	RESET	1	
58	0	Alarm	SILENCE SOUNDERS	2	
59	0	Alarm	ny MCP operated in a zone in walk test	3	
60	0	Alarm	Return signal from remote fire output	4	
61	0	Alarm	Transfer Flag	5	
62	2	Fault	Any Fault	6	
63	3	Disablement	Any Disablement	7	
64	3	Disablement	Disable Sounders action	8	
65	3	Disablement	Disable Remote Fire Output action	9	
109	0	Alarm	TRUE	6	
142	4	Non-Fire Event	INPUT 1	0	
143	4	Non-Fire Event	INPUT 2	1	
0	0			0	

جدول قاعدة معطيات مخارج الأحداث tblOutput Events



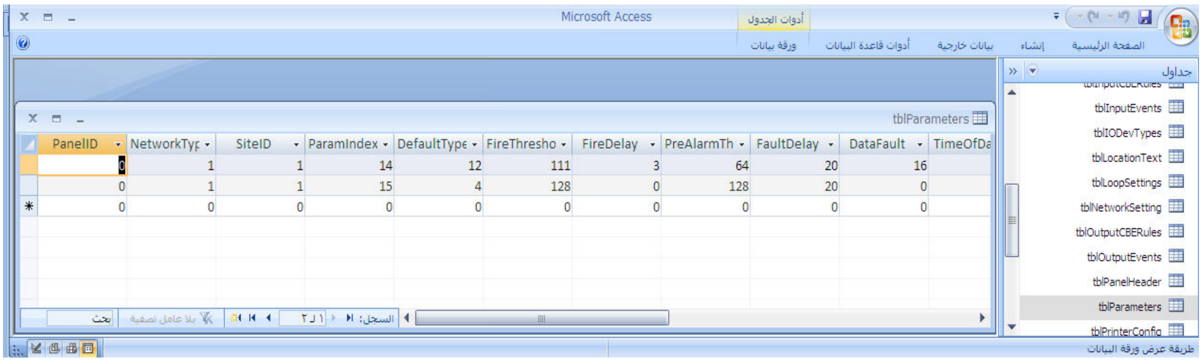
DescriptionI	EventDescription	StoredValue	CategoryCondition
68	Sounder Circuit no. 1	821	0
69	Sounder Circuit no. 2	822	0
70	Sounder/Relay Circuit no. 3	823	0
71	Mute Internal Buzzer	824	4
72	SILENCE SOUNDERS	825	4
73	RESET	826	4
74	Sounder/Relay Circuit no. 4	829	0
381	Set Night Mode	830	4
382	Set Day Mode	831	4
383	Extend Delays	832	4
384	End Delays	833	4
75	Set Transfer Flag	840	0
0		0	0

جدول قاعدة معطيات أنواع أجهزة الدخل والخرج tblIODev Types



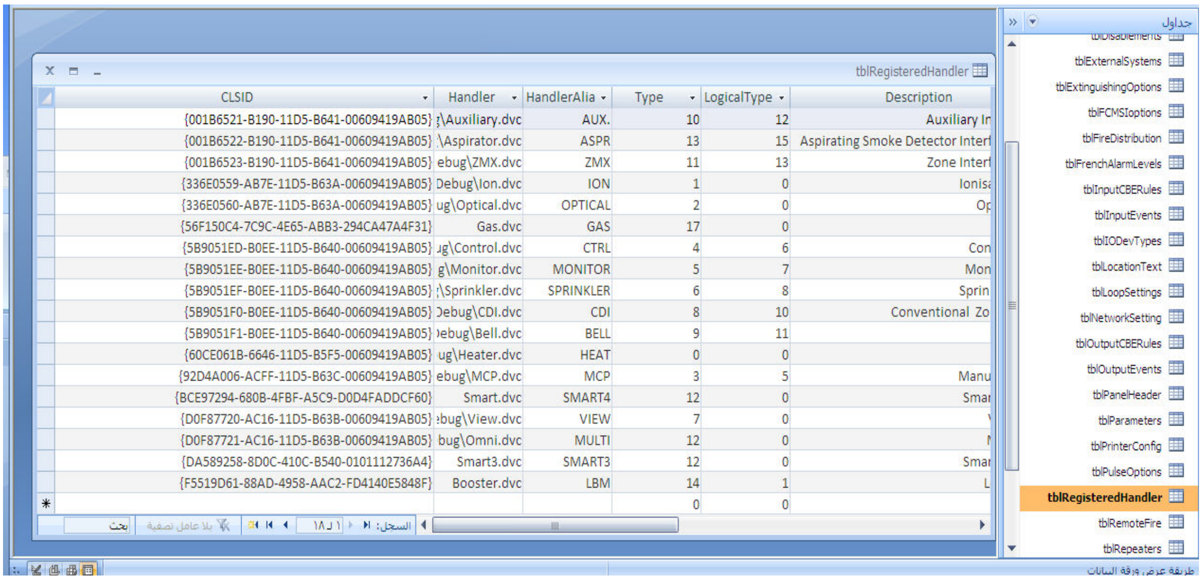
DeviceType	StoredValue	Description	IsInput
ANY	0	76	☑
HEAT	1	77	☑
ION	2	78	☑
OPT	3	79	☑
ANY_SENSORS	4	80	☑
MCPS	5	81	☑
VIEW	9	82	☑
MULTI	14	83	☑
ALL	0	114	☐
CTRLS	6	115	☐
ALL IN CELL	8	116	☐
BELLS	11	117	☐
ANY IN CELL	8	118	☑
nd HEAT Sensor Coincidence	10	277	☑
Sensor and MCP Coincidence	11	278	☑

جدول قاعدة معطيات برامترات النظام tblParameters



PanelID	NetworkTyp	SiteID	ParamIndex	DefaultType	FireThresho	FireDelay	PreAlarmTh	FaultDelay	DataFault	TimeOfDa
0	1	1	14	12	111	3	64	20	16	
0	1	1	15	4	128	0	128	20	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

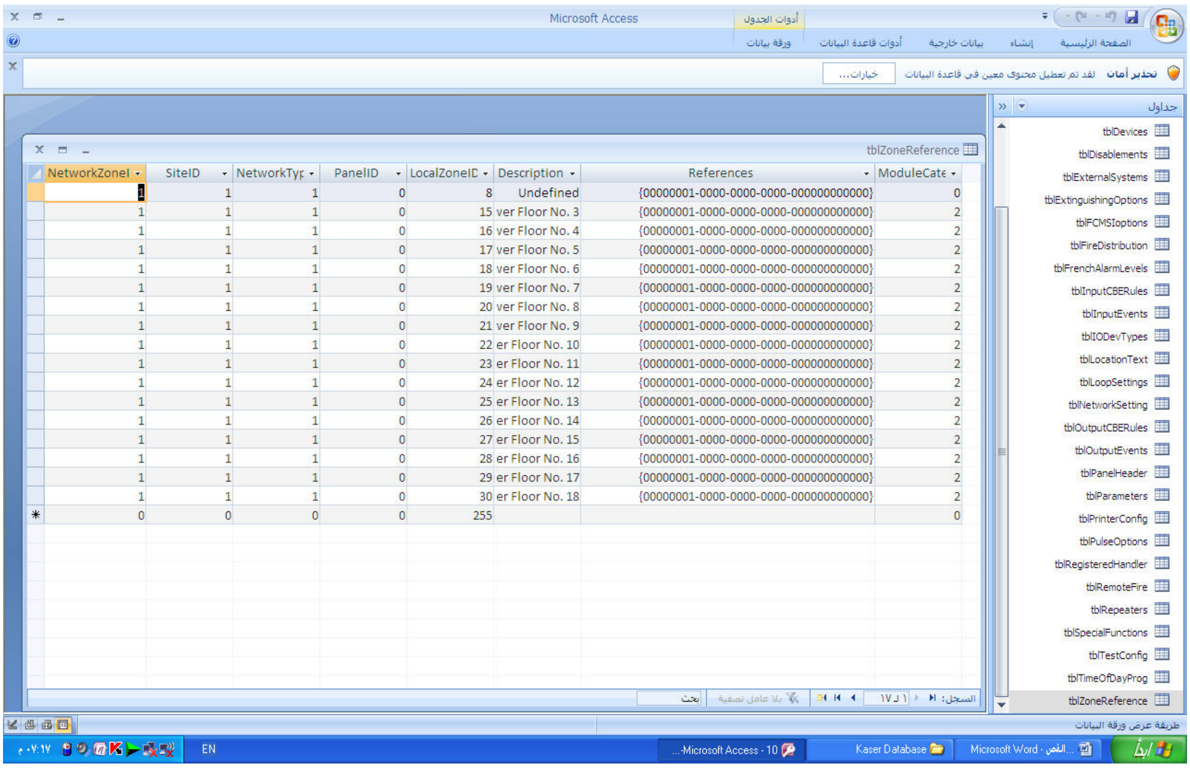
جدول قاعدة معطيات العامل المسجل tblRegistered Handler



tblRegisteredHandler

CLSID	Handler	HandlerAlia	Type	LogicalType	Description
{001B6521-B190-11D5-B641-00609419AB05}	;\Auxiliary.dvc	AUX.	10	12	Auxiliary Ir
{001B6522-B190-11D5-B641-00609419AB05}	\Aspirator.dvc	ASPR	13	15	Aspirating Smoke Detector Interf
{001B6523-B190-11D5-B641-00609419AB05}	ebug\ZMX.dvc	ZMX	11	13	Zone Interf
{336E0559-AB7E-11D5-B63A-00609419AB05}	Debug\Ion.dvc	ION	1	0	Ionisa
{336E0560-AB7E-11D5-B63A-00609419AB05}	ug\Optical.dvc	OPTICAL	2	0	Op
{56F150C4-7C9C-4E65-ABB3-294CA47A4F31}	Gas.dvc	GAS	17	0	
{5B9051ED-B0EE-11D5-B640-00609419AB05}	ıg\Control.dvc	CTRL	4	6	Con
{5B9051EE-B0EE-11D5-B640-00609419AB05}	g\Monitor.dvc	MONITOR	5	7	Mon
{5B9051EF-B0EE-11D5-B640-00609419AB05}	;\Sprinkler.dvc	SPRINKLER	6	8	Sprin
{5B9051F0-B0EE-11D5-B640-00609419AB05}	Debug\CDI.dvc	CDI	8	10	Conventional Zo
{5B9051F1-B0EE-11D5-B640-00609419AB05}	)ebug\Bell.dvc	BELL	9	11	
{60CE061B-6646-11D5-B5F5-00609419AB05}	ug\Heater.dvc	HEAT	0	0	
{92D4A006-ACFF-11D5-B63C-00609419AB05}	ebug\MCP.dvc	MCP	3	5	Manu
{BCE97294-680B-4FBF-A5C9-D0D4FADDCF60}	Smart.dvc	SMART4	12	0	Smar
{D0F87720-AC16-11D5-B63B-00609419AB05}	ebug\View.dvc	VIEW	7	0	V
{D0F87721-AC16-11D5-B63B-00609419AB05}	bug\Omni.dvc	MULTI	12	0	N
{DA589258-8D0C-410C-B540-0101112736A4}	Smart3.dvc	SMART3	12	0	Smar
{F5519D61-88AD-4958-AAC2-FD4140E5848F}	Booster.dvc	LBM	14	1	L
*			0	0	

جدول قاعدة معطيات مرجع المناطق tblZone Reference



tblZoneReference

NetworkZoneI	SiteID	NetworkTyp	PanelID	LocalZoneID	Description	References	ModuleCate
1	1	1	0	8	Undefined	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	0
1	1	1	0	15	ver Floor No. 3	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
1	1	1	0	16	ver Floor No. 4	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
1	1	1	0	17	ver Floor No. 5	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
1	1	1	0	18	ver Floor No. 6	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
1	1	1	0	19	ver Floor No. 7	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
1	1	1	0	20	ver Floor No. 8	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
1	1	1	0	21	ver Floor No. 9	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
1	1	1	0	22	er Floor No. 10	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
1	1	1	0	23	er Floor No. 11	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
1	1	1	0	24	er Floor No. 12	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
1	1	1	0	25	er Floor No. 13	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
1	1	1	0	26	er Floor No. 14	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
1	1	1	0	27	er Floor No. 15	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
1	1	1	0	28	er Floor No. 16	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
1	1	1	0	29	er Floor No. 17	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
1	1	1	0	30	er Floor No. 18	{00000001-0000-0000-0000-000000000000}	2
* 0	0	0	0	255			0

Aleppo University
Faculty of Electrical & Electronic Engineering
Automation & Control Engineering Department

Analysis and Synthesis of Automation Central System for Controlling Technological Operating Systems in Plants and Building "Case Study: Study Automation Central System for New Assemblage of Municipality in Aleppo"

This Thesis is Submitted to Obtain the PHD Degree in Automation & Control Engineering

By
Eng. **Mahmoud Asaad Salloum**
Postgraduate Student

Department of Automation & Control Engineering
Faculty of Electrical & Electronic Engineering
Aleppo University

2011

Abstract

The Intelligent Building Automation System (IBAS) the ability to continue to run multiple systems within the building, control and monitoring it, which provides for the building occupants and users as follows:

- Effective security protection.
- Improve productivity.
- Provide Comfort.
- Energy management.

Building Automation System applied to the following service systems: heating, ventilation, cooling, lighting system, fire alarm system, security system, elevator system, the surveillance system, surveillance and regulation of entry.

The research focuses on the design of Building Automation System (BAS) to automate the operation of heating, ventilation, cooling, lighting and fire alarm systems, and find a formula of scientific knowledge to control and automate these systems and developed by using the fuzzy logic control.

Currently, the most systems previous used classic controllers that is use mathematical form in control, but it became this kind is not suitable for systems that operate in nonlinear conditions, such as the presence of high humidity coupled with high or low temperature, as well as leaving windows open and air-conditioning system in working condition, and to keep lighting in working condition and adequate natural lighting and the place is not busy, and false alarms for a fire or a fire without running a warning signal.

Search provides the following:

1. Plans for Heating, Ventilating and Air Conditioning systems (HVAC) and lighting system and fire alarm system with locating the necessary control points for the Building Management Systems (BMS).
2. Analysis of the processes that occur within the main power consumers (power systems) of the air-handling units, cooling, heating, hot water, and internal lighting systems.
3. Definition to the control points of studied systems and source, type and number of data.
4. Graphical interfaces for users to control HVAC equipment and monitoring it.
5. Simulation code to the fuzzy logic controller as a smart solutions to work with these systems and the variables by using the software environment (Matlab).
6. Fuzzy logic controller programs on the strong current systems that have been studied.
7. Developed a method using image processing technology and Fuzzy logic technology for detect fire and alarming it to avoid false alarms that you get with used conventional systems.

Search result shows that fuzzy logic controllers effective and easy to implement within the building automation and management system, due to the digital infrastructure similar between the two, because the infrastructure are computers and microprocessors, and also meet the requirements of the occupants with the lowest energy consumption and reduce environmental pollution.

المقالات المنشورة

تم نشر ثلاث مقالات في مجلة بحوث جامعة حلب ـــ سلسلة العلوم الهندسية :

الأول بعنوان: " **استخدام متحكمات المنطق الغامض FUZZY LOGIC في التحكم ببارامترات وحدات معالجة هواء التكييف**" في العدد / ٧٦/ لعام ٢٠٠٩

الثاني بعنوان: " **استخدام متحكمات المنطق العائم FUZZY LOGIC في التحكم بتجهيزات تأمين الماء المبرَّد لوحدات التكييف**" في العدد /٨٢/ لعام ٢٠١٠

الثالث بعنوان: " **التحكم بالإنارة الداخلية للأبنية ومراقبتها باستخدام متحكمات المنطق العائم (Fuzzy Logic Controllers)"** في العدد /٩١/ لعام ٢٠١١